

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
ОП.04 ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ**

**для обучающихся специальности  
08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений**

## **ОДОБРЕНО**

Предметно-цикловой комиссией  
«Строительства и земельно-имущественных  
отношений»

Председатель Ю.Н. Заиченко  
Протокол № 5 от «31» января 2024г.

Методической комиссией МпК

Протокол № 3 от «21» февраля 2024г.

## **Разработчик (и):**

преподаватель отделения №3 «Строительства, экономики и сферы обслуживания»  
Многопрофильного колледжа ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Татьяна Михайловна Менакова

Методические указания по выполнению практических работ разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Основы геодезии».

Содержание практических работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального(ых) модуля(ей) программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений и овладению общими компетенциями.

## СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ .....	4
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ .....	6
Практическое занятие №1 .....	6
Практическое занятие №2 .....	9
Практическое занятие №3 .....	10
Практическое занятие №4 .....	12
Лабораторное занятие №1 .....	13
Лабораторное занятие №2 .....	18
Практическое занятие №5 .....	21
Практическое занятие № 6 .....	26
Практическое занятие № 7 .....	33
Лабораторное занятие № 3 .....	34
Практическое занятие №8 .....	38
Лабораторное занятие № 4 .....	40
Практическое занятие №9 .....	46
Лабораторное занятие № 5 .....	47
Практическое занятие №10 .....	48
Практическое занятие №11 .....	49
Практическое занятие №12 .....	52
Практическое занятие №13 .....	55
Практическое занятие №14 .....	59

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности).

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Основы геодезии» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

### **уметь:**

У1 читать ситуации на планах и картах;

У2 решать задачи на масштабы;

У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

У4 пользоваться геодезическими приборами и инструментами;

У5 проводить камеральные работы по окончании геодезических полевых работ

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК 1.3 Разрабатывать архитектурно-строительные чертежи с использованием средств автоматизированного проектирования;

ПК 2.1 Выполнять подготовительные работы на строительной площадке;

ПК 8.2 Разрабатывать и использовать структурные элементы информационной модели ОКС на каждом этапе жизненного цикла.

А также формированию **общих компетенций:**

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по правовой и финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.

Выполнение обучающихся практических и лабораторных работ по учебной дисциплине «Основы геодезии» направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;

- приобретение навыков работы с различными приборами;

- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;

- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические и лабораторные занятия проводятся в рамках соответствующей темы, после освоения дидактических единиц, которые обеспечивают наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Тема 1.1 Задачи геодезии. Масштабы Практическое занятие №1 Решение задач на масштабы

**Цель:** научиться пользоваться численным и линейным масштабом

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

У1 читать ситуации на планах и картах;

У2 решать задачи на масштабы;

У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

**Материальное обеспечение:** схемы, плакаты, таблицы

**Задание:**

Вычислите длину линии на местности  $S_m$ , для данных, приведенных в таблице 1. Результаты запишите в соответствующую графу таблицы 1.

Таблица 1

Масштаб карты	Длина отрезка на карте, мм	Длина линии на местности $S_m$ , м	Масштаб карты	Длина отрезка на плане, мм	Длина линии на местности, м
1:10000	62,5		1:1000		
1:25000	20,2		1:500		
1:5000	12,5		1:2000		
1:50000	6,2		1:5000		

Таблица 2

Масштаб карты	Длина отрезка на карте, мм	Длина линии на местности $S_m$ , м	Масштаб карты	Длина отрезка на плане, мм	Длина линии на местности, м
1:2000		80,4	1:50000		
1:5000		380,5	1:1000		
1:10000		536	1:500		
1:25000		625	1:2000		

Часто в геодезической практике приходится определять масштабы аэроснимков. Для этого измеряют длину отрезка на аэроснимке и длину горизонтального проложения этой линии на местности. Затем, используя определение масштаба, вычисляют масштаб.

Например: длина отрезка на аэроснимке 2.21 см.; длина горизонтального проложения этой линии на местности 428,6 м.

Тогда, согласно определению:

$$\frac{1}{M} = \frac{S_p}{S_m} = \frac{2,21}{428,6} = \frac{1}{19394}$$

**Задача №2** Определите масштабы аэроснимков, по данным приведенным в таблице 3. результаты записать в соответствующую графу таблицы 3

Таблица 3

№п/п	Длина горизонтального приложения на местности м	Длина отрезка на аэроснимке	Отношение соответствующих единиц	Масштаб аэроснимка
1	625 м	62,5 мм	62,5 мм	1:10000
2	525 м	5,25 см		
3	125,5 м	2,51 см		
4	62,2 м	31,1 см		

### Точность масштаба

Длины линий на местности, соответствующие 0,1 мм карты (плана) называется точностью масштаба -  $t_m$ . Это величина, характеризующая точность определения длин линий по карте (плану). Например: точность масштаба 1:25000 равна 2,5 м.

Расчет можно вести следующим образом:

в 1 см - 250м;

в 1 мм - 25 м;

в 0,1 мм-2,5 м

или  $t_0 = 0,1\text{мм} * 25000 = 2,5 \text{ м}$ .

### Задача №3

а) Определите точность масштабов:

1:10000  $t_m =$

1:50000  $t_m =$

1:1000  $t_m =$

1:500  $t_m =$

б) Точность масштаба карты (плана) равна:

$t_{m1} = 0,5\text{м}$ ;  $t_{m2} = 0,05\text{м}$ ;  $t_{m3} =$  \_\_\_\_\_;  $t_{m4} =$  \_\_\_\_\_;

Определите масштаб карты (плана).

$1/M_1 =$  \_\_\_\_\_;  $1/M_2 =$  \_\_\_\_\_;  $1/M_3 =$  \_\_\_\_\_;  $1/M_4 =$  \_\_\_\_\_;

**Задача №4** На карте масштаба 1:10000 (рис. 1) показан раствор измерителя, равный расстоянию между двумя точками карты KL. Используя приведенный ниже график линейного масштаба (рис.2), определите длины горизонтальных приложений линий местности для всех вариантов.

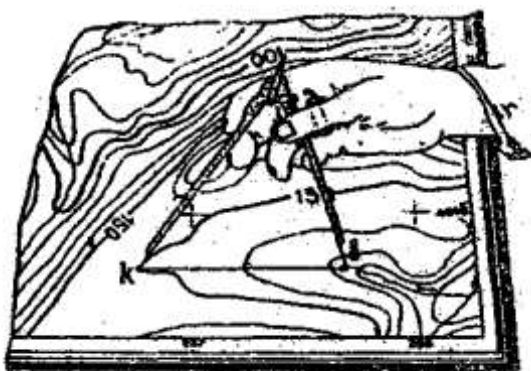


рис.1.

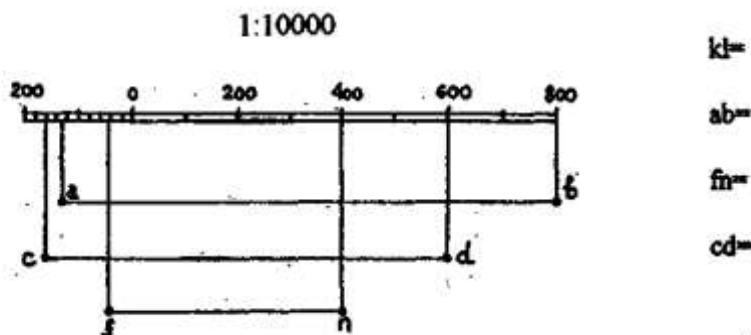


Рисунок 2

**Задача №5** На графике поперечного масштаба (рис.3) с основанием равным 2 см., утолщенными линиями с номерами, обозначен раствор измерителя, равный расстоянию между двумя точками карты



Рисунок 3

Определите длины горизонтальных проложений линий местности для следующих вариантов:

I вариант, масштаб 1:10000	II вариант, масштаб 1:5000
$S_1 =$	$S_1 =$
$S_2 =$	$S_2 =$
$S_5 =$	$S_5 =$
$S =$	$S =$
III вариант, масштаб 1:2000	IV вариант, масштаб 1:
$S_1 =$	$S_1 =$
$S_2 =$	$S_2 =$
$S_5 =$	$S_5 =$
$S =$	$S =$

Указание: в начале определите расстояния на местности (в соответствующем масштабе) для отрезков 0-2;  $a_1b_1$ ;  $a_2b_2$ ;  $a_3b_3$ .

Задача №6 Постройте диаграмму масштаба 1:2000 на чертежной бумаге с основанием 2,5 см; число делений по основанию и по высоте принять равным 10 ( $n=m=10$ ). Подпишите деления по основанию и высоте (через одно). Диаграмму приклеить, на оставленное ниже место.

Масштаб 1:2000

#### Форма представления результата:

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.



## Практическое занятие №2 Определение ориентирных углов направлений по карте

### Цель работы:

Научиться определять ориентирные углы направлений по карте.

### Выполнив работу, Вы будете уметь:

У1 читать ситуации на планах и картах;

У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

### Задание:

1. определить ориентирные углы
2. определить основные направления по карте

### Порядок выполнения:

1. Определение по горизонталям высот точек

$$\Delta h = \frac{l}{d} * h,$$

где h — высота сечения рельефа.

Тогда отметка точки Р будет равна

$$H_p = H_a + \Delta h.$$

2. Определение крутизны ската по графику заложений

Крутизной ската называется угол наклона ската к горизонтальной плоскости. Чем больше угол, тем скат круче. Величина угла наклона ската  $v$  вычисляют по формуле

$$V = \arctg (h/d),$$

где h - высота сечения рельефа, м;

d-заложение, м;

3. Проектирование линии заданного уклона

Пусть на карте масштаба 1:10000 требуется наметить трассу автомобильной дороги между точками А и В (рис. 16). Чтобы уклон ее на всем протяжении не превышал  $i=0,05$ . Высота сечения рельефа на карте  $h= 5$  м.

Для решения задачи рассчитывают величину заложения, соответствующего заданному уклону  $i$  высоте сечения  $h$ :

$$d + \frac{h}{i} + \frac{5}{0,05} + 100 \text{ м}$$

Затем выражают заложение в масштабе карты

$$d' + d \approx M + 100 \approx 10000 + 0,01 \text{ м} + 10 \text{ мм},$$

где М-знаменатель численного масштаба карты.

Величину заложения  $d'$  можно определить также по графику заложений, для чего надо определить угол наклона  $v$ , соответствующий заданному уклону  $i$ , и раствором циркуля измерить заложение для этого угла наклона.

4. Определение границы водосборной площади

*Водосборной площадью*, или бассейном. Называется участок земной поверхности, с которой по условиям рельефа вода должна стекать в данный водосток (лощину, ручей, реку и т.д.). Оконтуривание водосборной площади производится с учетом рельефа местности по горизонталям. Границами водосборной площади служат линии водоразделов, пересекающие горизонталы под прямым углом.

5. Построение профиля местности по заданному направлению

**Форма представления результата:** Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность. наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.
- Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.
- Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.
- Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

### Тема 1.3 Прямая и обратная геодезические задачи. Практическое занятие №3 Определение координат точек по карте

#### Цель работы:

Научиться определять координаты точек по карте.

#### Выполнив работу, Вы будете уметь:

У1 читать ситуации на планах и картах;

У2 решать задачи на масштабы;

У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

**Материальное обеспечение:** схемы, таблицы, плакаты. индивидуальные задания.

#### Задание:

1. определить координаты заданных точек

#### Порядок выполнения:

Для каждой точки на топографической карте можно определить ее географические координаты (широту и долготу) и прямоугольные координаты Гаусса  $x, y$ .

Определяют широту  $B_0$  и долготу  $L_0$  точки  $A_0$  пересечения проведенных меридиана и параллели. Через заданную точку  $P$  проводя линии, параллельные проведенным меридиану и параллели, и измеряют при помощи миллиметровой линейки расстояния  $B = A_1P$  и  $L = A_2P$ , а также размеры минутных делений широты  $C$  и долготы на карты. Географические координаты точки  $P$  определяют по формулам  $C_1$

$$\text{— широта: } B_p = B_0 + \frac{b}{C_b} * 60''$$

$$\text{— долгота: } L_p = L_0 + \frac{b}{C_l} * 60'', \text{ измеряют до десятых долей миллиметра.}$$

Расстояния  $b, l, C_b, C_l$  измеряют до десятых долей миллиметра.

Для определения прямоугольных координат точки  $P$  используют километровую сетку карты. С помощью оцифровки этой сетки на карте находят координаты  $X_0$  и  $Y_0$  юго-западного угла квадрата сетки, в котором находится точка  $P$  (рис. 11). Затем из точки  $P$  опускают перпендикуляры  $C_1L$  и  $C_2L$  на стороны этого квадрата. С точностью до десятых долей миллиметра измеряют длины этих перпендикуляров  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  и с учетом масштаба карты определяют их фактические значения на местности. Например, измеренное расстояние  $C_1P$  равно 12,8 мм, а масштаб карты 1: 10 000. Согласно масштабу, 1 мм на карте соответствует 10 м на местности, а значит,

$$\Delta X = 12,8 \times 10 \text{ м} = 128 \text{ м.}$$

После определения значений  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  находят прямоугольные координаты точки  $P$  по формулам

$$X_p = X_0 + \Delta X$$

$$Y_p = Y_0 + \Delta Y$$

Точность определения прямоугольных координат точки зависит от масштаба карты и может быть найдена по формуле

$t=0.1 \cdot M$ , мм,

где М-знаменатель масштаба карты.

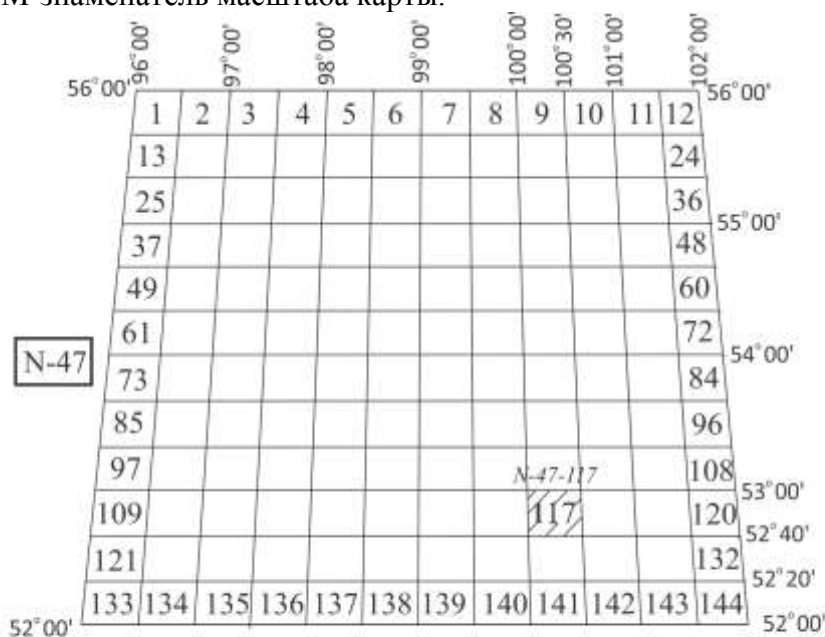


Рис. 8. Определение номенклатуры листа карты масштаба 1: 100 000

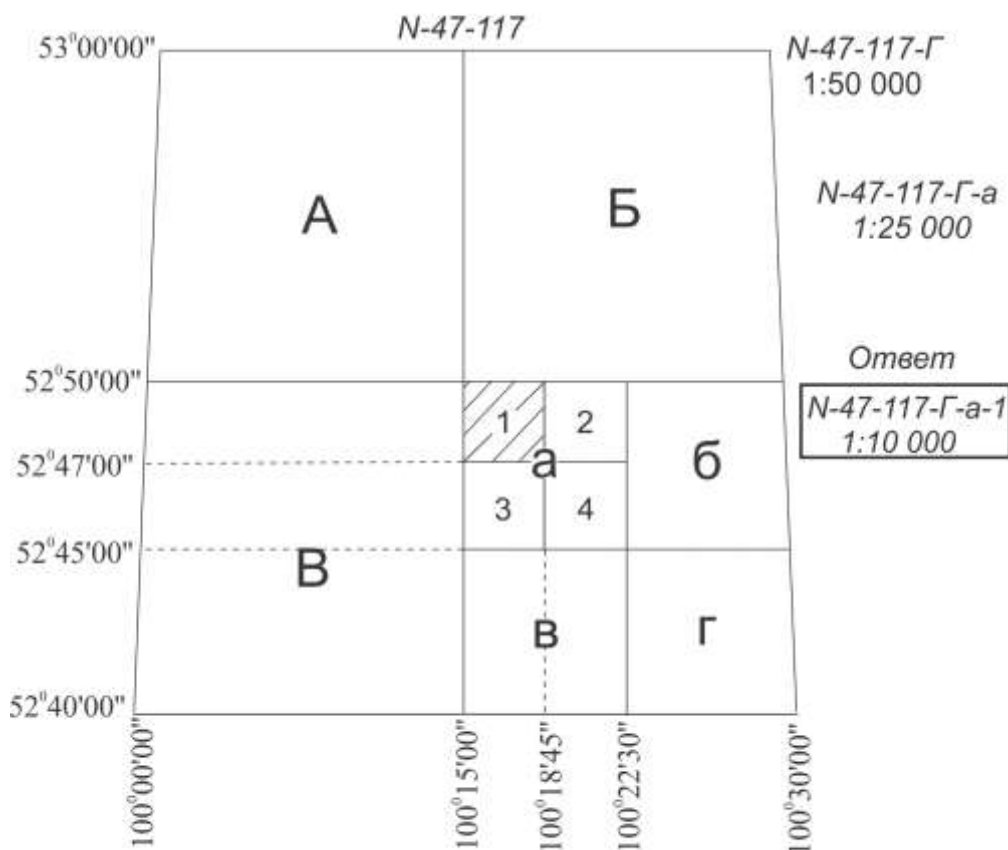


Рис. 9. Определение номенклатуры листов карт масштабов 1:50 000, 1:25 000 и 1:10 000

Например, для карты масштаба 1: 25 000 точность определения координат X и Y составляет  $t=0,1 \times 25\ 000 = 2500\ \text{мм} = 2,5\ \text{м}$ .

**Форма представления результата:** Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «**отлично**» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «**хорошо**» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «**удовлетворительно**» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка «**неудовлетворительно**» ставится, если задание не выполнено.

## **Тема 1.4 Сущность измерений. Линейные измерения Практическое занятие №4 Введение поправок**

### **Цель работы:**

Научиться решать задачи с введением поправок за компарирование, температуру, наклона линий.

### **Выполнив работу, Вы будете уметь:**

У1 читать ситуации на планах и картах;

У2 решать задачи на масштабы;

У4 пользоваться геодезическими приборами и инструментами;

**Материальное обеспечение:** схемы, таблицы, плакаты, индивидуальные задания.

### **Задание:**

1. Определить горизонтальное проложение линии

### **Примеры учебных задач:**

1. Рабочая лента при сравнении с контрольной оказалась длиной в 20,02 м. Определите поправку за компарирование и действительную длину линии, если при измерении рабочей лентой средняя длина линии получилась 381,44 м.

2. Какой длины должна быть линия на склоне крутизной в  $10^\circ$ , чтобы горизонтальное проложение её было равно 100 м? Задачу решите через косинус угла наклона.

3. Определите горизонтальное проложение, если нитяной дальномер на склоне в  $5^\circ$  показал 193,0 м.

**Форма представления результата:** Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «**отлично**» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «**хорошо**» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «**удовлетворительно**» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка «**неудовлетворительно**» ставится, если задание не выполнено.

## Тема 2.2 Теодолитная съемка

### Лабораторное занятие №1 Работа с теодолитом. Выполнение проверок теодолита

**Цель:** Научиться выполнять проверки теодолита 2Т30П.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

У1 читать ситуации на планах и картах;

У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

У4 пользоваться геодезическими приборами и инструментами;

У5 проводить камеральные работы по окончании геодезических полевых работ

**Материальное обеспечение:**

станция, штатив, теодолит, закрепительный винт теодолита, опорные точки, линейка, методические указания, опорные плакаты.

**Задание:**

1. Изучить устройство теодолита 2Т30П.

2. Научиться наводить зрительную трубу на точки и брать отсчеты.

3. Выполнить проверки теодолита.

**Порядок выполнения работы:**

1 Дать характеристику теодолиту.

2 Изучить устройство теодолита.

3 Определить цену деления шкалы.

4 Навести зрительную трубу на точки и взять отсчеты.

5 Первая проверка теодолита:

определение, рисунок, результат, вывод.

6 Вторая проверка теодолита:

определение, рисунок, результат, вывод.

7 Третья проверка теодолита:

определение, рисунок, результат, вывод.

8 Четвертая проверка теодолита:

определение, рисунок, результат, вывод.

**Ход работы:**

1. Отстегните ремень, стягивающий ножки штатива, и отрегулируйте их длину.

2. Поставьте штатив над точкой так, чтобы плоскость его головки расположилась горизонтально, а высота соответствовала росту наблюдателя.

3. Закрепите теодолит на штативе и подвесьте на крючок станového винта отвес.

4. Откройте замки футляра, оттянув пружины – фиксаторы и, повернув рукоятки замков по направлению стрелок, снимите футляр.

5. Отрегулируйте длину нити отвеса, перемещением планки вдоль нити.

6. Перемещением теодолита по плоскости головки штатива совместите острие отвеса с точкой местности и закрепите теодолит станovým винтом.

7. Подъемными винтами подставки установите уровень в «нуль – пункт».

8. Наведите зрительную трубу с помощью визира на заданную точку, закрепите лимб, алидаду и зрительную трубу.

9. При необходимости наведите резкость сетки нитей диоптрийным кольцом, и резкость на точку кремальерой.

10. Для точного наведения точки на крест сетки нитей воспользуйтесь наводящими винтами.

11. Снимите отсчёт по микроскопу.

Перед выполнением любой проверки (2, 3, 4,5) проверка условия 1 обязательна.

**К основным проверкам теодолитов относится установление выполнения следующих условий.**

**Условие 1.** Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита.

**Условие 2.** Вертикальный штрих сетки нитей должен находиться в вертикальной (коллимационной) плоскости.

**Условие 3.** Место нуля вертикального круга должно быть близким к нулю и постоянным.

**Условие 4.** Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси ее вращения.

**Условие 5.** Горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита.

Установление выполнения указанных выше условий называют поверкой.

Условие 1 проверяют в начале каждого рабочего дня, а также при необходимости и в течение рабочего дня. При использовании теодолита для *ориентировки* или при *разбивочных работах* на монтажных горизонтах – на каждой станции.

Условие 2 проверяют перед выполнением *разбивочных работ*, при *створных измерениях*, при выполнении *ориентировок*, перед измерениями в ходах *съёмочного обоснования* и др.

Условие 3 проверяют перед измерениями углов наклона (*тригонометрическое нивелирование*), перед *ориентировками*, при визировании на близкие цели.

Условие 4 проверяют одновременно с проверкой условия 3 перед выполнением указанных выше работ.

Условие 5 проверяют периодически в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора, но не реже одного раза в 2 месяца, а также, после известных наблюдателю механических воздействий, происшедших во время работы с теодолитом, либо во время его транспортировки или хранения. Перед поверками теодолит необходимо установить в рабочее положение. Поскольку измерение горизонтальных углов при указанных поверках не производится, то центрирование теодолита не выполняют.

Перед выполнением любой поверки (2, 3, 4,5) поверка условия 1 обязательна.

**Поверка 1.** (Выполнение условия 1). *Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения алидады.*

1. Установить ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга по направлению на два любых подъемных винта подставки (рис. 10). Вращением этих винтов в противоположные стороны привести пузырек уровня точно на середину.

2. Повернуть колонку на  $180^\circ$  (это можно выполнить «на глаз» по симметрии частей колонки, либо по отсчетам шкалы горизонтального круга). Если пузырек уровня отклонился не более чем на два деления ампулы, то условие считают выполненным. В этом случае поверку следует проконтролировать по двум другим подъемным винтам подставки.

3. Если пузырек уровня отклонился более чем на два деления, то половину этого отклонения следует исправить подъемными винтами подставки, вращая их одновременно в противоположные стороны, а другую половину – юстировочными винтами уровня, перемещая его хвостовик вверх или вниз, в зависимости от положения пузырька.

После выполнения юстировки поверку повторяют на других подъемных винтах.

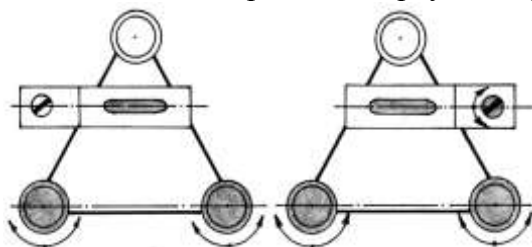


Рисунок 10. Первая поверка теодолита

Юстировочные винты уровня находятся на одном из его концов. Ими зажат хвостовик уровня. Кроме того, многие уровни снабжены и боковыми юстировочными винтами. При выполнении юстировки необходимо слегка ослабить боковые юстировочные винты, а затем отпустить один из юстировочных винтов и подкрутить второй. Этим обеспечивается жесткое

положение хвостовика после выполнения каждого шага юстировки. После выполнения поверки и юстировки боковые винты уровня следует снова зажать.

Часто встречаются случаи, когда после выполнения п. 2 поверки пузырек полностью уходит в один из концов ампулы, т.е. ось уровня весьма заметно отклонена от горизонтального положения. В такой ситуации не регистрируется величина полного отклонения пузырька. Для оценки полного отклонения пузырька необходимо подъемными винтами привести пузырек уровня на середину, при этом следует стараться поворачивать оба винта на один и тот же угол и считать число  $n$  таких поворотов. После этого надо вернуть пузырек назад на половину ( $n/2$ ) таких же оборотов подъемных винтов, а юстировочными винтами уровня привести пузырек на середину ампулы. Такие действия выполняют до тех пор, пока исправляемое положение пузырька уровня не достигнет регистрируемой по ампуле величины.

Поверка 2. (Выполнение условия 2).

*Визирная ось трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы.*

Если визирная ось перпендикулярна к оси вращения трубы, то отсчёты по горизонтальному кругу при разных положениях вертикального круга (круг слева и круг справа) и наведении на одну и ту же точку будут различаться ровно на  $180^\circ$ . Если разность отчетов отличается от  $180^\circ$ , то ось вращения трубы не перпендикулярна к визирной оси (рис. 11). При этом соответствующие отсчёты Л и П отличаются от правильных значений на одинаковую величину  $c$ , получившую название коллимационной ошибки.

При выполнении поверки визируют на удалённую точку при двух положениях круга и берут отсчёты Л и П. Вычисляют коллимационную погрешность  $c = (Л - П \pm 180^\circ) / 2$ , которая не должна превышать двойной точности теодолита.

Если коллимационная погрешность велика, то наводящим винтом алидады устанавливают на горизонтальном круге верный отсчёт, равный  $(Л - c)$  или  $(П + c)$ . При этом центр сетки нитей сместится с изображения точки. Отвинчивают колпачок, закрывающий винты сетки нитей, ослабляют один из вертикальных исправительных винтов, и, действуя горизонтальными исправительными винтами, совмещают центр сетки нитей с изображением точки. Закрепив ослабленные винты, поверку повторяют.

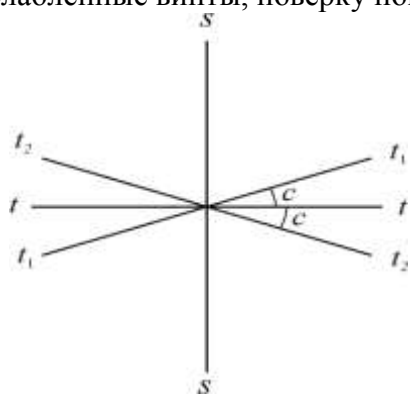


Рисунок 11. Поверка визирной оси:  $ss$  – визирная ось;  $tt$  – верное положение оси вращения трубы;  $t_1t_1, t_2t_2$  – положение оси вращения трубы при круге право и круге лево.

Поверка 3. (Выполнение условия 3).

1. На местности выбирают несколько (3 – 4) точек примерно на горизонте прибора и определяют по всем выбранным направлениям значения места нуля ( $МО$ ) вертикального круга.

Если колебания  $МО$  превышают допустимую величину, а также само значение  $МО$  существенно больше 0, то условие 3 считают не выполненным.

Значительные колебания  $МО$  говорят о неисправности теодолита, либо системы вертикального круга. Исследование неисправности и ремонт производится только в специализированной мастерской.

Если колебания  $МО$  допустимы, но величина  $МО$  больше 0, то обычно выполняют исправление  $МО$ .

Если значение  $МО$  большое, но стабильное, то, вообще говоря, можно пользоваться и этим значением. Но удобнее, когда оно близко к 0, в этом случае угол наклона примерно равен отсчету по вертикальному кругу при КЛ.

2. У теодолитов Т30 наводящим винтом зрительной трубы устанавливают значение полученного угла наклона (при этом пузырек цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должен находиться в середине ампулы), а затем вертикальными юстировочными винтами сетки нитей перемещают изображение точки на горизонтальную нить сетки, либо в ее центр.

У теодолитов Т15 устанавливают изображение точки в центр сетки нитей, а установочным винтом цилиндрического уровня алидады вертикального круга устанавливают отсчет, соответствующий измеренному углу наклона. В этом случае пузырек уровня алидады вертикального круга отклонится от среднего положения. Тогда юстировочными винтами уровня его необходимо вернуть в центр ампулы.

Проверку необходимо повторить по другой точке.

*Проверка 4.* (Определение коллимационной погрешности  $c$ ).

1. Выполнить визирование вертикальной нитью при двух положениях круга ( $КП_1$  и  $КЛ_1$ ) на удаленную точку, находящуюся примерно на горизонте прибора.

2. У теодолита Т30 ослабить зажимной винт подставки наводящего устройства и повернуть горизонтальный круг на  $180^\circ$ . Затем этот винт зажать и повернуть колонку в первоначальное положение.

У теодолита Т15 поворот горизонтального круга на  $180^\circ$  осуществляется с помощью куркового зажима.

3. Выполнить п.1 для той же точки и получить отсчеты  $КП_2$  и  $КЛ_2$ .

Значение коллимационной погрешности получают по формуле:

$$c = 0,5 [(КП_1 - КЛ_1 \pm 180^\circ) + (КП_2 - КЛ_2 \pm 180^\circ)] \quad (7)$$

Если значение коллимационной погрешности превышает допустимую величину (для Т30 –  $1'$ , Т15 –  $0,5'$ ), то выполняют юстировку.

4. Вычисляют правильный отсчет  $a$  на точку:

$$a = 0,5 (КП_2 + КЛ_2 \pm 180^\circ) \quad (8)$$

5. Наводящим винтом алидады горизонтального круга устанавливают правильный отсчет на лимбе ГК. При этом изображение точки сместится вбок с центра сетки нитей (с вертикальной нити) на величину  $s$ .

6. Боковыми юстировочными винтами сетки нитей совместить ее центр (или вертикальную нить) с изображением точки.

Проверку необходимо повторить по другой точке.

*Проверка 5.* (Выполнение условия 5). *Ось вращения трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения алидады.*

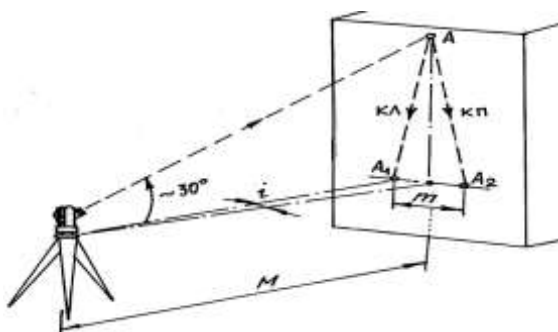


Рисунок 12. Пятая проверка теодолита.

1. Теодолит установить недалеко от высокого объекта (например, стены здания). В верхней части стены выбрать какую-либо заметную точку так, чтобы визирование на нее производилось при наклоне визирной оси к горизонту примерно на  $30^\circ$  (рис. 12).

2. При КП и КЛ визируют на точку и сносят ее изображение на стену примерно на уровень высоты прибора. В этом месте лучше закрепить лист бумаги. Положение спроецированной точки на листе бумаги отмечают и измеряют между полученными метками расстояние  $m$  (в мм).



3. Вычисляют угловую погрешность

$$i = \frac{m}{2M} \rho', \quad (9)$$

где  $M$  – расстояние от теодолита до стены (переведенное в мм);  
 $\rho' = 3438'$ .

Предельная величина угла  $i$  не должна быть больше  $0,5'$ . При значениях указанного угла больших  $0,5'$  исправление производят в мастерской.

**Проверка сетки нитей.** Вертикальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярен к оси вращения зрительной трубы.

Наводят вертикальный штрих сетки нитей на точку и наводящим винтом трубы изменяют ее наклон. Если изображение точки не скользит по штриху, сетку нитей надо повернуть. Для этого поворачивают корпус окуляра, ослабив четыре винта его крепления к зрительной трубе (рис. 13).

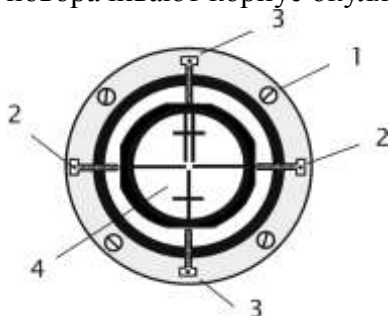


Рисунок 13. Крепление сетки нитей: 1 – крепёжный винт окуляра; 2, 3 – горизонтальные и вертикальные исправительные винты сетки нитей; 4 – сетка нитей.

#### Проверка теодолита.

– Ось цилиндрического уровня при амплитуде горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси теодолита (проверка уровня);

– Визирная ось трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси теодолита (вычисление коллимационной погрешности):  $C = 0,25[(Л1-П1 \pm 180^0) + (Л2-П2 \pm 180^0)]$ , где  $C$  – коллимационная погрешность.

Таблица 1.

Обозначения	Результаты
Л1	209 <sup>0</sup> 22'
П1	29 <sup>0</sup> 18'
Л1-П1±180 <sup>0</sup>	+4'
Л2	29 <sup>0</sup> 24'
П2	209 <sup>0</sup> 20'
Л2-П2±180 <sup>0</sup>	+4'
С	+2'

$C = +2'$

- Горизонтальная ось теодолита должна быть перпендикулярна к вертикальной оси;
- Место нуля (МО):

Таблица 2.

№№ точек	КП КЛ	Отсчеты по ГК	Разность отсчетов	Среднее значение угла	Отсчеты по ВК
1		60 <sup>0</sup> 09'			-5 <sup>0</sup> 02'
	КП		2 <sup>0</sup> 23'		
2		62 <sup>0</sup> 32'			16 <sup>0</sup> 11'
				2 <sup>0</sup> 30'30"	
2		242 <sup>0</sup> 09'			5 <sup>0</sup> 06'

	КЛ		2°38'		
1		244°47'			-16°04'

$$MO = (16^{\circ}11' + [-5^{\circ}06']) + (5^{\circ}06' + [-16^{\circ}04'])/2 = 5^{\circ}30''$$

$$V_1 = 62^{\circ}32' - 60^{\circ}09' = 2^{\circ}23'$$

$$V_2 = 244^{\circ}47' - 242^{\circ}09' = 2^{\circ}38', \text{ где } V_{1,2} - \text{ значение углов наклона.}$$

**Форма представления результата:** Предоставить отчет по работе в тетради для лабораторных работ и устная защита работы.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

## Тема 2.2 Теодолитная съемка Лабораторное занятие №2 Измерение углов теодолитом

**Цель работы:** Научиться теодолитом измерять углы.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

У1 читать ситуации на планах и картах;

У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

У4 пользоваться геодезическими приборами и инструментами;

У5 проводить камеральные работы по окончании геодезических полевых работ

**Материальное обеспечение:**

Станция, штатив, теодолит, бленда, закрепительный винт теодолита, опорные точки, линейка, методические указания, опорные плакаты.

**Задание:**

1 Измерять горизонтальный угол по индивидуальным заданиям.

2 Измерять магнитный азимут по индивидуальным заданиям.

3 Измерять вертикальные углы по индивидуальным заданиям.

**Порядок выполнения работы:**

1 Измерение горизонтального угла по индивидуальным заданиям.

2 Измерение магнитного азимута по индивидуальным заданиям.

3 Измерение вертикальных углов по индивидуальным заданиям.

4 Выводы

**Ход работы:**

**Измерение горизонтальных углов.** Измерение горизонтального угла выполняют способом приемов. При измерении нескольких углов, имеющих общую вершину, применяют способ круговых приемов. Работу начинают с установки теодолита над центром знака (например, колышка), закрепляющим вершину угла, и визирных целей (вех, специальных марок на штативах) на концах сторон угла.

**Установка теодолита в рабочее положение** состоит из центрирования прибора, горизонтирования его и фокусирования зрительной трубы.

**Центрирование** выполняют с помощью отвеса. Устанавливают штатив над кольшком так, чтобы плоскость его головки была горизонтальна, а высота соответствовала росту наблюдателя. Закрепляют теодолит на штативе, подвешивают отвес на крючке станкового винта и, ослабив его, перемещают теодолит по головке штатива до совмещения острия отвеса с центром кольшка. Точность центрирования нитяным отвесом 3 – 5 мм.

Пользуясь оптическим центриром, теодолита (если такой у теодолита имеется), сначала надо выполнить горизонтирование, а затем центрирование. Точность центрирования оптическим центриром 1 – 2 мм.

**Горизонтирование теодолита** выполняют в следующем порядке. Поворачивая алидаду, устанавливают ее уровень по направлению двух подъемных винтов, и, вращая их в разные стороны, приводят пузырёк уровня в нуль-пункт. Затем поворачивают алидаду на 90° и третьим подъёмным винтом снова приводят пузырёк в нуль-пункт.

**Фокусирование зрительной трубы** выполняют “по глазу” и “по предмету”. Фокусируя “по глазу”, вращением диоптрийного кольца окуляра добиваются четкого изображения сетки нитей. Фокусируя “по предмету”, вращая рукоятку кремальеры, добиваются четкого изображения наблюдаемого предмета. Фокусирование должно быть выполнено так, чтобы при покачивании головы наблюдателя изображение не перемещалось относительно штрихов сетки нитей.

**Измерение угла способом приемов.** Прием состоит из двух полуприемов. **Первый полуприем** выполняют при положении вертикального круга слева от зрительной трубы. Закрепив лимб и открепив алидаду, наводят зрительную трубу на правую визирную цель. После того как наблюдаемый знак попал в поле зрения трубы, зажимают закрепительные винты алидады и зрительной трубы и, действуя наводящими винтами алидады и трубы, наводят центр сетки нитей на изображение знака и берут отсчёт по горизонтальному кругу. Затем, открепив трубу и алидаду, наводят трубу на левую визирную цель и берут второй отсчёт. Разность первого и второго отсчётов даёт величину измеряемого угла. Если первый отсчёт оказался меньше второго, то к нему прибавляют 360°.

Второй полуприем выполняют при положении вертикального круга справа, для чего переводят трубу через зенит. Чтобы отсчёты отличались от взятых в первом полуприеме, смещают лимб на несколько градусов. Затем измерения выполняют в той же последовательности, как в первом полуприеме.

Если результаты измерения угла в полуприёмах различаются не более двойной точности прибора (то есть 1' для теодолита Т30), вычисляют среднее, которое и принимают за окончательный результат.

**Понятие об измерении способом круговых приемов** нескольких углов, имеющих общую вершину. Одно из направлений принимают за начальное. Поочередно, по ходу часовой стрелки, при круге слева наводят трубу на все визирные цели и берут отсчеты. Последнее наведение вновь делают на начальное направление. Затем, переведя трубу через зенит, вновь наблюдают все направления, но в обратном порядке – против часовой стрелки. Из отсчетов при круге слева и круге справа находят средние и вычитают из них среднее значение начального направления. Получают список направлений – углов, отсчитываемых от начального направления.

**Измерение вертикальных углов.** Для измерения вертикальных углов служит вертикальный круг теодолита, жестко укрепленный на оси зрительной трубы и вращающийся вместе с ней. В точных теодолитах соосно с вертикальным кругом крепится алидада вертикального круга с отсчетным устройством и собственным уровнем или компенсатором углов наклона, его заменяющим.

В теодолитах Т30 отсчетное устройство вертикального круга укреплено неподвижно в стойке теодолита, а его уровнем служит уровень при алидаде горизонтального круга. При измерении вертикального угла пузырек уровня приводят в нуль-пункт подъемными винтами подставки. Вертикальные круги разных типов теодолитов оцифрованы различно, отчего различаются формулы вычисления вертикальных углов по полученным в ходе измерений отсчетам. Рассмотрим измерение углов наклона теодолитом Т30. Отсчет при трубе, расположенной горизонтально, и пузырьке уровня в нуль-пункте называется *местом нуля*

вертикального круга ( $M_0$ ). Для измерения вертикального угла наводят трубу на визирную цель при двух положениях вертикального круга (слева и справа) и, приводя каждый раз пузырек уровня в нуль-пункт, берут отсчеты по вертикальному кругу: Л (лево) и П (право).

Очевидно, что угол наклона равен разности отсчетов при трубе, наведенной на цель и при трубе, расположенной горизонтально. Поэтому для круга слева напишем:

$$v = Л - M_0. \quad (10)$$

Аналогично, учитывая оцифровку вертикального круга Т30, где при круге справа отсчеты сопровождаются противоположным знаком (положительные углы знаком минус и наоборот), напишем:

$$v = M_0 - П \quad (11)$$

Из формул (10) и (11) находим формулы угла наклона и места нуля.

$$v = \frac{Л - П}{2};$$

$$M_0 = \frac{Л + П}{2}. \quad (12)$$

В ряде случаев, определяя углы наклона, ограничиваются измерениями при одном положении вертикального круга (слева или справа). Тогда пользуются формулой (10) или (11), для чего предварительно необходимо определить место нуля, измерив какой-нибудь угол при двух положениях вертикального круга и вычислив место нуля по формуле (12).

Вычисления по формулам (10) – (11) упрощаются, когда  $M_0=0$ . Поэтому, если место нуля велико, его исправляют. При круге слева и пузырьке уровня в нуль-пункте наводят трубу на точку, по которой определяли место нуля. Вращением наводящего винта трубы устанавливают на вертикальном круге отсчет, равный углу наклона  $v$ . При этом изображение точки сместится из центра сетки нитей. Действуя вертикальными исправительными винтами сетки нитей, смещают сетку так, чтобы изображение точки оказалось в центре сетки. Учитывая что теперь труба наведена на точку с углом наклона  $v$ , и отсчет по вертикальному кругу равен  $Л = v$  из равенства (10) видим, что место нуля стало равно нулю  $M_0 = 0$ .

#### **Форма представления результата:**

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «**отлично**» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «**хорошо**» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «**удовлетворительно**» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка «**неудовлетворительно**» ставится, если задание не выполнено.

**Тема 2.2 Теодолитная съемка**  
**Практическое занятие №5 Вычислительная обработка теодолитного хода**

**Цель работы:** Заполнить ведомость вычисления координат.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

У1 читать ситуации на планах и картах;

У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

У4 пользоваться геодезическими приборами и инструментами;

У5 проводить камеральные работы по окончании геодезических полевых работ

**Материальное обеспечение:**

схемы, плакаты, таблицы, ведомости.

**Задание:**

1 Заполнить ведомость вычисления координат.

**Порядок выполнения работы:**

1 Угловая невязка.

2 Вычисление дирекционных углов.

3 Перевод дирекционных углов в румбы.

4 Вычисление приращений координат.

5 Определение линейных невязок.

6 Вычисление исправленных приращений координат.

7 Определение координат точек.

Вычисление координат точек замкнутого теодолитного хода, построение плана по координатам в масштабе 1:1000.

Плановая привязка здания 42x18 м.

*Примечания.*

1. На строительной площадке привязка теодолитного хода производится к пунктам полигонометрических сетей, после чего определяются координаты этих точек.

2. При решении задачи необходимо воспользоваться рекомендуемым списком литературы.

**Порядок выполнения:**

1. Произвести увязку измеренных внутренних углов теодолитного хода с определенной фактической  $f_{\beta}$  и допустимой  $[f_{\beta}]$  угловых невязок.

2. По исправленным углам и дирекционному углу  $\alpha_{1-2}$  вычислить последующие дирекционные углы и румбы сторон полигона.

3. Вычислить приращение координат ( $\Delta x_{1-2}$   $\Delta y_{1-2}$  и т.д.).

4. Определить линейные невязки в приращениях координат.

5. Определить абсолютную невязку  $f_{\text{абс}}$ .

6. Определить относительную невязку  $f_{\text{отн}}$  и сравнить ее с допустимой.

7. По заданным координатам исходной точки (x, y) вычислить координаты последующих точек теодолитного хода.

8. Построить по координатам план теодолитного хода в масштабе 1:1000 (на ватмане или миллиметровой бумаге).

9. Запроектировать здание 42x18 м и привязать его два угла к точкам теодолитного хода полярным способом.

10. Определить разбивочные данные линейные ( $S_1$ ,  $S_2$ ) и угловые ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ) графическим способом.

**Ход выполнения**

1. Выписать в ведомость вычисления координат исходные данные;

А) измеренные углы ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ,  $\beta_4$ ) в графу 2.

Б) начальный дирекционный угол  $\alpha_{1-2}$  – в графу 4;

В) горизонтальные проложения сторон полигона  $d_{1-2}$ ,  $d_{2-3}$ ,  $d_{3-4}$ ,  $d_{4-1}$  – в графу 6;

Г) координаты начальной точки  $x_1$  и  $y_1$  – в графы 11 и 12.

2. Производим увязку измеренных углов полигона.

Для замкнутого полигона теоретически сумма углов вычисляется по формуле  $\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ(n-2)$ , где  $n$  – число углов в полигоне. В примере  $n=4$ , следовательно,  $\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ(4-2) = 360^\circ 00'$ . Но так как при измерении углов допускались некоторые погрешности, то фактически сумма  $\sum \beta_{\text{изм}} \neq \sum \beta_{\text{теор}}$ , а разница между  $\sum \beta_{\text{изм}}$  и  $\sum \beta_{\text{теор}}$  называется угловой невязкой.

Сравним полученную угловую невязку с допустимой, т.е.:  $f_{\beta \text{ факт}} \leq [f_{\beta}]$ , где  $[f_{\beta}] = \pm 1' \sqrt{n}$ , где  $n$  – число вершин полигона.

Так как фактическая невязка получилась меньше допустимой, то это означает, что углы измерены верно.

Затем полученную угловую невязку следует распределить на измеренные углы с противоположным знаком так, чтобы ликвидировать десятые доли минут, при этом целые минуты разбрасываются на те вершины, которые заключены между наиболее короткими сторонами.

Вычисленные значения исправленных углов вписывают в графу 3.

$\sum \beta_{\text{испр}}$  должно быть равно 0.

3. По исходному дирекционному углу  $\alpha_{1-2}$  равному для данного примера  $12^\circ 30'$ , вычисляют дирекционные углы последующих линий, пользуясь формулой:  $\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n$  т.е.

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3$$

$$\alpha_{4-1} = \alpha_{3-4} + 180^\circ - \beta_4$$

Затем, для контроля вычислим  $\alpha_{4-1} = \alpha_{3-4} + 180^\circ - \beta_1$

Если полученный при этом дирекционный угол будет равен исходному, то вычисление выполнено правильно.

Вычисленные дирекционные углы записывают в графу 4.

4. Пользуясь формулами зависимости между дирекционными углами (азимутами) и румбами, вычисляем румбы линий (см. практическую работу 1) Полученные румбы записываются в графу 5 (приложение 1).

5. По дирекционным румбам и горизонтальным проложениям сторон полигона вычисляют приращение координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , пользуясь формулами:

$$\Delta x = d \cos \varphi$$

$$\Delta y = d \sin \varphi,$$

где  $d$  – горизонтальное положение линий,  $\varphi$  – румб линий.

Полученные значения необходимо округлить до второго десятичного знака.

Для вычисления приращений, кроме таблиц, можно пользоваться электрокалькуляторами, имеющими клавиши функций  $\sin$  и  $\cos$ . В этом случае необходимо производить преобразование минут в десятые доли градуса. Знаки приращений координат зависят от направления линий (т.е. от названия румбов) и определяются по следующей таблице:

Приращен ия	I четверть (св)	II четверть (юв)	III четверть (юз)	IV четверть (сз)
$\Delta x$	+	-	-	+
$\Delta y$	+	+	-	-

Вычисленные и округленные значения приращений координат с соответствующими знаками записать в графу 7 и 8 (приложение 1).

6. Подсчитывают алгебраические суммы приращений:

$$\sum(+\Delta x), \sum(-\Delta x) \text{ и } \sum(+\Delta y), \sum(-\Delta y)$$

Теоретическая сумма приращений координат в замкнутом полигоне должна равняться нулю:

$$\sum(\Delta x) = 0,$$

$$\sum(\Delta y) = 0$$

Но так как при измерении углов и сторон полигона допускались некоторые погрешности, то сумма вычисленных приращений не будет равной 0, а разница между вычисленной суммой приращений и теоретической называется линейной невязкой, т.е.:

$$\sum(\Delta x) = fx; \sum(\Delta y) = fy$$

где  $fx$  – линейная невязка по оси абсцисс

$fy$  – линейная невязка по оси ординат

Полученные невязки записывают в приложение 1

7. Определить абсолютную линейную невязку по формуле:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{fx^2 + fy^2}$$

8. Определить относительную невязку теодолитного хода по формуле:

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{p},$$

где  $p$  – периметр замкнутого полигона  $p = d_{1-2} + d_{2-3} + d_{3-4} + d_{4-1}$

9. Сравнивают полученную относительную невязку с допустимой

$$f_{\text{отн}} \leq [f],$$

где  $[f] = \frac{1}{2000}$  – допустимая невязка.

Относительная невязка получилась меньше допустимой, что и требовалось.

10. Вычисленные линейные невязки  $fx$ ,  $fy$  распределяем по приращениям с обратным знаком по формуле:

$$\Delta fx_{1-2} = \frac{fx}{p} d_{1-2}$$

$$\Delta fy_{1-2} = \frac{fy}{p} d_{1-2}$$

Вычисленные невязки необходимо округлить до второго десятичного знака.

Остальные невязки вычисляют аналогично и записывают над приращениями в графы 7 и 8 (приложение 1).

11. Исправленные приращения  $\Delta x$  и  $\Delta y$  вычисляют по правилу: если знаки приращения и поправки одинаковые, то их складывают, если разные – вычитают. Вычисленные исправленные приращения записывают в графу 9 и 10 (приложение 1). Если сумма исправленных приращений в итоге равна нулю, то поправки вычислены верно.

12. Вычисляем координаты точек теодолитного хода по формулам:

$$x_n = x_{n-1} \pm \Delta x, y_n = y_{n-1} \pm \Delta y$$

Вычисленные координаты заносят в графу 11 и 12 (приложение 1)

Вычисление координат произведено верно, если в контрольном вычислении получается значения исходных координат (см. приложение 1).

Ведомость вычисления координат оформить тушью или в карандаше в соответствии с приложением 1 на листе бумаги 20х30 см.

13. Пользуясь значением вычисленных координат, следует нанести плановые точки на план масштаба 1:1000. Для этого необходимо вычертить координатную сетку и произвести соответствующую оцифровку на осях  $x$  и  $y$ .

Нанесенные на план точки необходимо соединить прямыми линиями и надписать значения румбов и горизонтальных положений сторон полигона (см. приложение 2)

Примечания.

- На план теодолитного хода в масштабе 1:1000 накладывается здание 42х18 м произвольно, две угловые точки которого привязываются к плановым точкам ближайшей стороны полигона полярным способом.
- Пользуясь поперечным масштабом, студент должен определить координаты углов здания и разбивочные данные  $S_1$ ,  $S_2$  и  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  графическим способом.

$x_A = +75,00$ м	$y_A = +40,00$ м
$x_D = +33,00$	$y_D = +40,00$

$S_1=28,13$ м	$S_2=51,86$ м
$\beta_1=49^0 07'$	$\beta_2=37^0 59'$

**Форма представления результата:**

Предоставить заполненную ведомость вычисления координат.

**ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ**

№ точек	Измеренные углы	Исправленные углы	Дирекционные углы	Румбы	Гориз. пролож. линий	Приращения				Координаты		
						Вычисленные		Исправленные		x	y	
						$\Delta x$	$\Delta y$	$\Delta x$	$\Delta y$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	$91^0 12'$	$91^0 12'$									0,00	0,00
			$12^0 30'$	св: $12^0 30'$	98,30	-0,02 +95,97	-0,02 +21,25	+95,95	+21,23			
2	$-0,51$ $95^0 15,5'$	$95^0 15'$								+95,95	+21,23	
			$97^0 15'$	юв: $82^0 45'$	102,00	-0,02 -12,87	-0,02 +101,13	-12,89	+101,15			
3	$-0,51$ $88^0 18,5'$	$88^0 18'$								+85,06	+122,39	
			$188^0 57'$	юз: $8^0 57'$	110,00	-0,03 -108,66	-0,03 -17,12	-108,69	-17,15			
4	$-0,51$ $85^0 15,5'$	$85^0 15'$								-25,63	+105,24	
			$283^0 42'$	сз: $76^0 18'$	108,30	-0,02 +25,65	-0,02 -105,22	+25,63	-105,24			
1										0,00	0,00	

$$\sum \beta_{\text{изм}} = 360^0 01,15'$$

$$\sum = +122,39$$

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^0 (n-2) = 360^0 00'$$

$$f\beta = \sum \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}} = +1,5'$$

$$[f\beta] = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 2'$$

$$f\beta \leq [f\beta]$$

$$1,5' < 2'$$

$$P=418,60; \quad \sum = +121,62; \quad \sum = +122,43; \quad \sum = +121,58;$$

$$\sum = -121,53; \quad \sum = -122,34; \quad \sum = +121,58; \quad \sum = -122,39$$

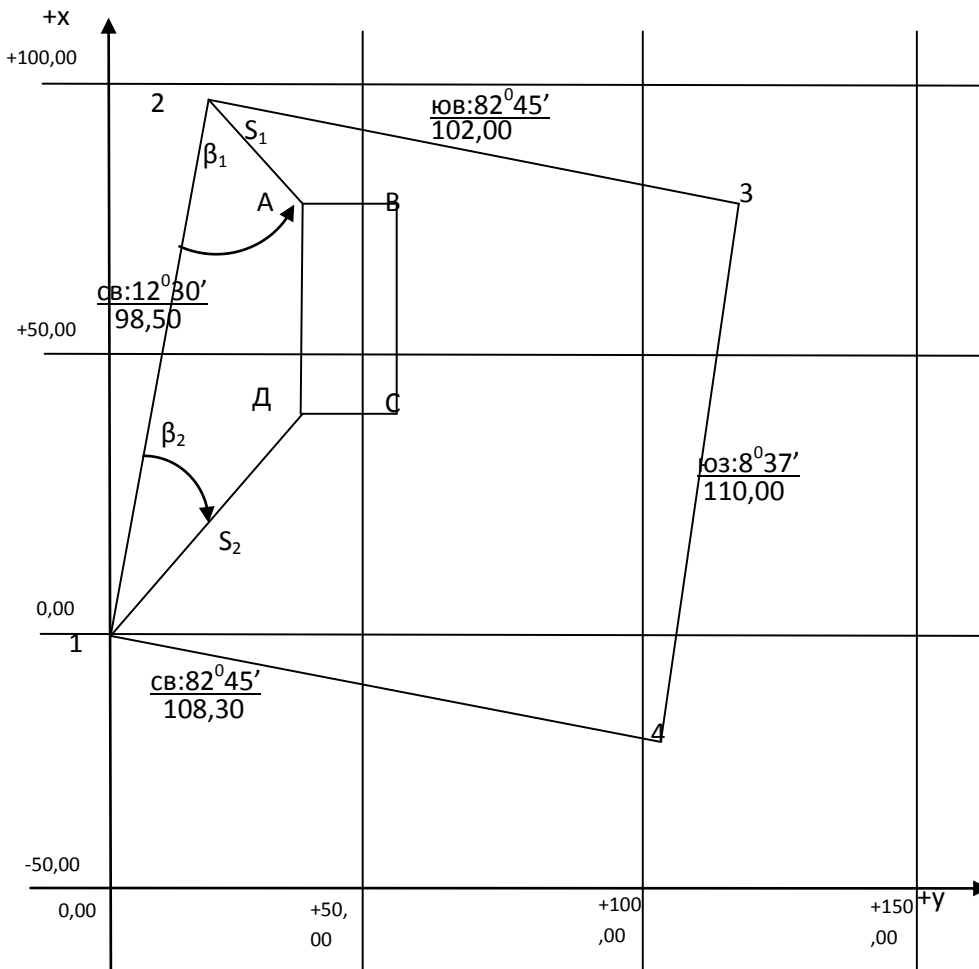
$$f_x = +0,09; \quad f_y = +0,09; \quad f_x = 0,00; \quad f_y = 0,00$$

$$f_{\text{агс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(+0,09)^2 + (+0,09)^2} = 0,13$$

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{агс}}}{p} = \frac{0,13}{418,60} = \frac{1}{3220} < \frac{1}{2000}$$



**ПЛАН ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА**  
**Масштаб 1: 1000**



**Данные для разбивки**

- а) угловые:  $\beta_1=49^{\circ}07'$        $\beta_2=37^{\circ}59'$   
 б) линейные:  $S_1=28,13$        $S_2=51,86$

**Форма представления результата:** Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «**отлично**» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «**хорошо**» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «**удовлетворительно**» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка «**неудовлетворительно**» ставится, если задание не выполнено.

**Тема 2.2 Теодолитная съемка**  
**Практическое занятие № 6 Нанесение точек теодолитного хода на план**

**Цель работы:** Построить координатную сетку, нанести точки хода по координатам на план, определение графически координат углов здания.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

У1 читать ситуации на планах и картах;

У2 решать задачи на масштабы;

У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

У4 пользоваться геодезическими приборами и инструментами;

У5 проводить камеральные работы по окончании геодезических полевых работ

**Материальное обеспечение:**

схемы, плакаты, таблицы, ведомости.

**Задание:**

1 Построить координатную сетку.

**Порядок выполнения работы:**

1 Угловая невязка.

2 Вычисление дирекционных углов.

3 Перевод дирекционных углов в румбы.

4 Вычисление приращений координат.

5 Определение линейных невязок.

6 Вычисление исправленных приращений координат.

7 Определение координат точек.

Обработку полевых материалов начинают с проверки “Журнала измерения горизонтальных углов”, обработки линейных измерений и выписки данных в “Ведомость вычисления координат”. При этом значения углов округляют до десятых долей минут.

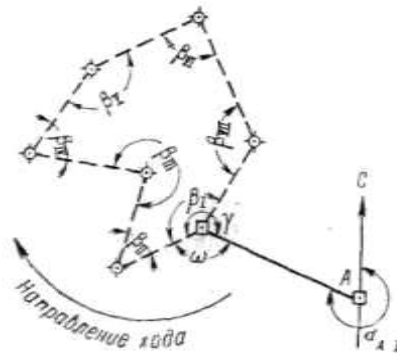


Рисунок 25

В ведомости последовательно выполняют описываемые ниже действия.

Вычисление угловой невязки

а). Подсчитывается сумма измеренных углов:

$$\Sigma\beta_{\text{изм}} = 899^{\circ} 58' 1'';$$

б). Определяется теоретическая сумма углов для замкнутого полигона по формуле

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^{\circ} (n - 2),$$

где  $n$  - число углов.

Если  $n = 7$ , то

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^{\circ} (7 - 2) = 900^{\circ} 00' 0'';$$

в). Полученная угловая невязка определяется по формуле

$$f_{\beta} = \Sigma\beta_{\text{изм}} - \Sigma\beta_{\text{теор}}$$

Например:  $f_{\beta} = 899^{\circ} 58' 1'' - 900^{\circ} 00' 0'' = -1' 9''$ ;

г). Допустимая угловая невязка определяется по формуле

$$f_{\beta \text{ доп}} = \pm 45'' \sqrt{7} \approx \pm 2'0'' ;$$

д). Сравнивается полученная и допустимая угловые невязки; если  $f_{\beta} > f_{\beta \text{ доп}}$ , то производится повторное измерение углов ;

если  $f_{\beta} < f_{\beta \text{ доп}}$ , например  $1'9'' < 2'0''$ , или равны, то полученная невязка распределяется с обратным знаком поровну на все углы, образованные короткими сторонами.

Сумма поправок должна равняться величине полученной угловой невязки и быть противоположной ей по знаку.

Сумма исправленных углов должна равняться их теоретической сумме. Эти положения используются для контроля увязки углов.

Ориентирование полигона.

Величина дирекционного угла стороны I - II определяется по величине дирекционного угла исходной стороны A - I и величине примычного угла  $\gamma$  по формуле

$$\alpha_{I-II} = \alpha_{A-I} + 180^\circ - \gamma,$$

Например, дирекционный угол исходной стороны  $\alpha_{A-I} = 295^\circ 13' 0''$ ;

примычный угол  $\gamma = 234^\circ 13' 0''$ .

Следовательно, дирекционный угол стороны хода I - II будет

$$\alpha_{I-II} = 295^\circ 13' 0'' + 180^\circ - 234^\circ 13' 0'' = 241^\circ 00' 0''.$$

Вычисление дирекционных углов сторон полигона

Дирекционные углы других сторон полигона вычисляются по аналогичной формуле

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n,$$

где  $\alpha_n$  - дирекционный угол последующей стороны;

$\alpha_{n-1}$  - дирекционный угол предыдущей стороны;

$\beta_n$  - исправленный, вправо по ходу лежащий угол между этими сторонами.

Это положение иллюстрируется схемой (Рисунок 26). Вычисления рекомендуется производить в следующем порядке:

241° 00' 0" . . . . .  $\alpha_{I-II}$   
 +180°  
 421° 00' 0"  
 - 44° 45' 0"  
 376° 15' 0"  
 - 360°  
 16° 15' 0" . . . . .  $\alpha_{II-III}$   
 +180°  
 196° 15' 0"  
 +360°  
 556° 15' 0"  
 - 277° 16' 0"  
 278° 59' 0" . . . . .  $\alpha_{III-IV}$

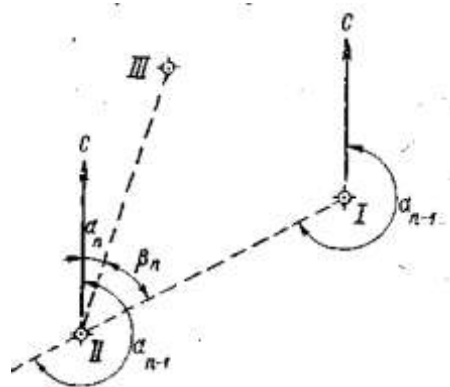


Рисунок 26

Если величина дирекционного угла оказывается более  $360^\circ$ , то следует  $360^\circ$  отбросить ( $376^\circ15'0 - 360^\circ = 16^\circ15'0$ ). Если же сумма дирекционного угла предыдущего и  $180^\circ$  окажется меньше внутреннего угла, вычитаемого из этой суммы, то следует к сумме прибавить  $360^\circ$  ( $196^\circ15'0 + 360^\circ - 277^\circ16'0 = 278^\circ59'0$ ).

Контроль вычисления дирекционных углов производится так. Если к дирекционному углу последней стороны прибавить  $180^\circ$  и вычесть величину внутреннего угла, расположенного между последней и первой стороной, то должен получиться дирекционный угол первой стороны:

$$\begin{aligned} 210^\circ47'0 & \dots\dots\dots \alpha_{\text{VII-I}} \\ +180^\circ & \\ 390^\circ47'0 & \\ -149^\circ47'0 & \\ 241^\circ00'0 & \dots\dots\dots \alpha_{\text{I-II}} \end{aligned}$$

Перевод дирекционных углов в румбы.

Дирекционные углы переводят в румбы, пользуясь зависимостью между дирекционными углами и румбами

Зависимость между дирекционными углами и румбами

Величина дирекционного угла	Наименование румба	Величина румба
$0 - 90^\circ$	СВ	$\alpha$
$90^\circ - 180^\circ$	ЮВ	$180^\circ - \alpha$
$180^\circ - 270^\circ$	ЮЗ	$\alpha - 180^\circ$
$270^\circ - 360^\circ$	СЗ	$360^\circ - \alpha$

Например:  $\alpha = 241^\circ00'0$ , т.е. сторона направлена между  $180^\circ$  и  $270^\circ$ ; следовательно, румб будет назван - ЮЗ; а градусная величина его будет

$$241^\circ - 180^\circ = 61^\circ$$

Горизонтальные проложения сторон выписываются в ведомость из абриса или соответствующего журнала с учетом поправок за компарирование и температуру.

Например, выписывают значения:

$$D_{\text{I-II}} = 102,50 \text{ м};$$

$$D_{\text{II-III}} = 109,65 \text{ м и т.д.}$$

Под итоговой чертой вычисляется сумма всех горизонтальных проложений – периметр полигона.

$$\text{Например, } \Sigma D = 846,12 \text{ м.}$$

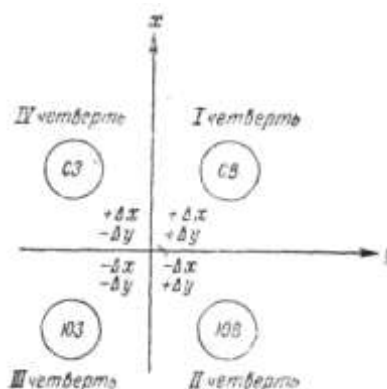


Рисунок 27

Вычисление приращений координат.

Знак приращения зависит от названия координатной четверти, в которой направлена данная сторона хода, и определяется по схеме (Рисунок 27.).

Например, для направления ЮЗ

$\Delta x$  имеет знак минус (-)

$\Delta y \ll (-)$

Величины приращений находятся по “Таблицам приращений координат”, составленным на основе формул:

$$\Delta x = D \cos \alpha;$$

$$\Delta y = D \sin \alpha;$$

что видно из рисунка 28

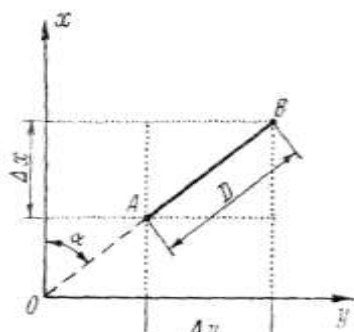


Рисунок 28

Приращения рекомендуется вычислять, пользуясь “Пятизначными таблицами натуральных значений  $\sin$  и  $\cos$ ”, и калькулятором. В этом случае выбранные из таблиц значение  $\sin$  и  $\cos$  надо лишь перемножить на длину стороны.

Вычисленные приращения округляются до сантиметров и вписываются в графу “Приращения вычисленные”.

Например,

$$\Delta X = -49,69;$$

$$\Delta Y = -89,65.$$

Определение линейной невязки.

Для этого сначала составляют суммы всех вычисленных приращений  $\Delta X$  положительных ( $\Sigma \Delta X+$ ) и отрицательных ( $\Sigma \Delta X-$ ), а затем их алгебраическую сумму, которая для случая замкнутого полигона и будет величиной невязки по оси абсцисс.

$$f_x = \Sigma \Delta X.$$

Например:		
+105,26		
+20,23		-49,69
+93,83		-135,58
+59,71		-93,73
$\Sigma \Delta X+ = +279,03$		$\Sigma \Delta X- = -279,00$
$f_x = (+279,03) + (-279,00) = +0,03$		

Аналогично действуют, вычисляя невязку по оси ординат

п

$$f_y = \Sigma \Delta Y;$$

$$f_y = (+279,03) + (-273,50) = -0,27.$$

Абсолютная линейная невязка в периметре полигона определяется по формуле:

$$f_D = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2}$$

Например,

$$f_D = \sqrt{(0,03)^2 + (0,27)^2} = \pm 0,28.$$

Относительная линейная невязка определяется отношением абсолютной невязки к периметру полигона.

$$f_D / \Sigma D = 0,28 / 846,12 \approx 1 / 3000,$$

где  $\Sigma D$  - периметр полигона.

Если полученная относительная линейная невязка не превышает  $1/2000$ , то результаты считаются благополучными, и можно распределять невязки, полученные по осям координат.

Если  $f_D / \Sigma D > 1 / 2000$ , то необходимо тщательно проверить вычисления и при необходимости произвести повторные измерения.

Если  $f_D / \Sigma D < 1 / 2000$ , то производится распределение невязки  $f_x$  и  $f_y$  путем введения поправок в вычисленные приращения  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  пропорционально длинам сторон:

$$(f_x / \Sigma D) \times D_n \text{ и } (f_y / \Sigma D) \times D_n$$

где  $D_n$  - длина горизонтального проложения соответствующей стороны.

Поправка вводится со знаком, обратным знаку невязки. Так как при этом поправка может выражаться лишь долями сантиметра, то надо ее округлить до целого сантиметра и вводить только в приращения, соответствующие наибольшей стороне.

Если  $f_x = 0,03$ , то поправки по 1 см. вводятся только в приращения, соответствующие лишь большим сторонам III - IV, V - VI, VI - VII.

Во всех случаях сумма поправок должна равняться величине полученной невязки, но с обратным знаком.

Исправленные (увязанные) приращения вычисляются как алгебраическая сумма вычисленных приращений и соответствующих поправок.

Например,

$$(\Delta Y_{I-II})_{\text{испр}} = (-89,65) + (+0,03) = -89,62$$

Контроль увязки приращений: в замкнутом полигоне алгебраическая сумма исправленных приращений по каждой оси должна равняться нулю.

Вычисление координат вершин полигона.

Координаты точки I заданы

$$X_I = 0,00; Y_I = 0,00.$$

Координаты последующих точек вычисляются по формулам:

$$X_n = X_{n-1} + (\Delta X)_{\text{испр}}; Y_n = Y_{n-1} + (\Delta Y)_{\text{испр}},$$

где

$X_n$ и $Y_n$ -	координаты последующих точек;
$X_{n-1}$ и $Y_{n-1}$ -	координаты предыдущих точек;
$(\Delta X)_{\text{испр}}$ и $(\Delta Y)_{\text{испр}}$ -	исправленные приращения сторон между соответствующими точками

Например,

$$X_{III} = (-49,69) + (+105,26) = +55,57;$$

$$Y_{III} = (-89,62) + (+30,71) = -58,91.$$

Если к координатам последней точки прибавить приращения по последней замыкающей стороне, то должны получиться координаты первой точки, что и будет контролем правильности вычисления координат вершин замкнутого теодолитного хода.

Например,

$$(+93,73) + (-93,73) = 0,00;$$

$$(+55,80) + (-55,80) = 0,00.$$

### Составление схемы теодолитного хода

Пользуясь значениями вычисленных координат, следует нанести плановые точки на план масштаба 1:500. Для этого необходимо на чертежной или миллиметровой бумаге вычертить координатную сетку со сторонами квадратов 5 см и произвести соответствующую оцифровку

координат на осях X и Y. Полученные на плане точки необходимо соединить прямыми линиями и надписать значения румбов и горизонтальных проложений сторон полигона.

Примечание 1. Координатную сетку нанести в тонких линиях зеленой или синей тушью. Точки соединить линиями толщиной 1—2 мм черной тушью или в карандаше. Диаметр точек теодолитного хода для М: 1:500 - 1,5 мм.

На план теодолитного хода М 1:500 накладываем контур здания 36×12 м (произвольно), два угла которого привязываем к плановым точкам ближайшей стороны полигона полярным способом.

Пользуясь поперечным масштабом, определяем координаты углов здания графическим способом.

Пример: координаты точек:

$$X_A = 1,40 \text{ м}, \quad Y_A = 20,20 \text{ м.}$$

$$X_D = 1,40 \text{ м}, \quad Y_D = 56,20 \text{ м.}$$

Значения координат точек теодолитного хода т. 1 и т. 4 надо взять из ведомости вычисления координат:

$$X_1 = 0,00 \text{ м} \quad X_4 = -36,70 \text{ м.}$$

$$Y_1 = 0,00 \text{ м} \quad Y_4 = 49,59 \text{ м.}$$

Для определения длины стороны  $S_1$ , решаем обратную геодезическую задачу, используя дирекционные углы направлений 1-А, 4-Д

$$\text{tg } \gamma_1 = \Delta X_1 / \Delta Y_1 \quad S_1 = \Delta X_1 / \cos \gamma_1$$

Вычисляем приращения

$$\Delta X_1 = X_A - X_1 = 1,40 - 0,00 = 1,40 \text{ м}$$

$$\Delta Y_1 = Y_A - Y_1 = 20,20 - 0,00 = 20,20 \text{ м,}$$

$$\Delta X_2 = X_D - X_4 = 1,40 - (-36,70) = 38,10 \text{ м,}$$

$$\Delta Y_2 = Y_D - Y_4 = 56,20 - 49,59 = 6,61 \text{ м,}$$

Дирекционные углы направлений 1-А и 4-Д соответственно равны

$$\text{tg } \gamma_{1-А} = 20,20 / 1,40 = 14,428 \quad \text{tg } \gamma_{1-А} = 86^\circ 02'$$

$$\text{tg } \gamma_{4-Д} = 6,61 / 38,10 = 0,1735 \quad \text{tg } \gamma_{4-Д} = 9^\circ 50'$$

Длины сторон 1,40

$$S_1 = 1,40 / 0,06917 = 20,24 \text{ м}$$

$$S_2 = 38,10 / 0,98530 = 38,67$$

Вычисляем значения углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$

$$\text{угол } \beta_1 = 90^\circ - \gamma_{4-Д} - \alpha_1$$

угол  $\beta_2 = \gamma_{4-Д} + \alpha_2$ , где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  углы треугольников

$$\alpha_1 = 90^\circ - \gamma_{1-А} = 3^\circ 58'$$

$$\alpha_2 = \gamma_{4-Д} = 9^\circ 50'$$

$$\beta_1 = 90^\circ - 53^\circ 30' + 3^\circ 58' = 40^\circ 28'$$

$$\beta_2 = 53^\circ 30' + 9^\circ 50' - 63^\circ 20'$$

Вычисленные значения расстояний и углов используем для составления разбивочного чертежа.

$$S_1 = 20,24 \text{ м}; \quad \beta_1 = 40^\circ 28';$$

$$S_2 = 38,67 \text{ м}; \quad \beta_2 = 63^\circ 20'.$$

МАСШТАБ 1:500

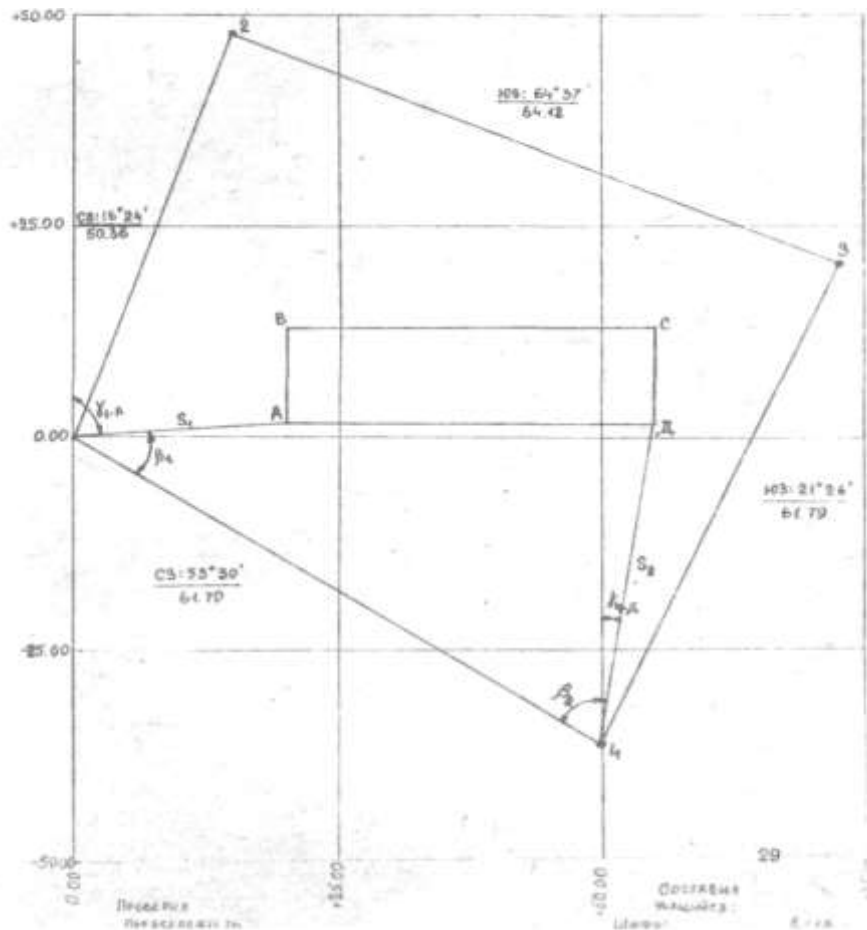


Рисунок 29 План теодолитного хода

**Форма представления результата:** Предоставить отчет по работе в тетради для практических работ и устная защита работы.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.



## Тема 2.2 Теодолитная съемка

### Практическое занятие №7 Геодезическая подготовка для переноса проекта в натуру

**Цель работы:** Научиться выполнять вертикальную привязку здания по плану в горизонталях, определять чёрные отметки, отметки планировки и рабочие отметки.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

У1 читать ситуации на планах и картах;

У2 решать задачи на масштабы;

У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

У4 пользоваться геодезическими приборами и инструментами;

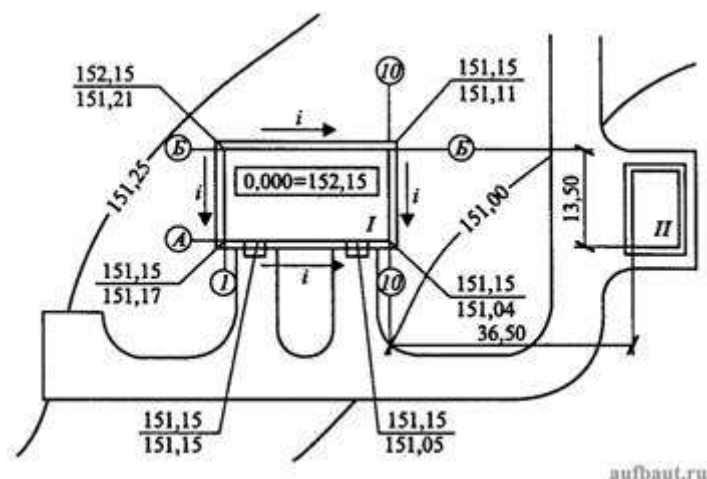
У5 проводить камеральные работы по окончании геодезических полевых работ

**Материальное обеспечение:**

Линейка, карандаш, методические указания, опорные плакаты.

Порядок выполнения:

В учебном проекте допускается привязать здание к существующему рельефу озелененных территорий, т.е. вычислить черные отметки по углам здания. Планировочную отметку (красную) следует принимать по самой высокой отметке входа. На всех углах зданий на генплане должны быть указаны на выносных полочках вверху красные, внизу черные отметки. В центре здания в прямоугольнике указывают абсолютную отметку, соответствующую значению 0,000 относительных отметок (рис. 4).



**Рисунок 4. Пример выполнения вертикальной и горизонтальной привязок в учебной практической работе:** I - проектируемое здание; II - существующее здание; i - направление стока поверхностных вод; A, B, I, 10 - обозначения осей

**Форма представления результата:** Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

## Тема 2.3 Геометрическое нивелирование

### Лабораторное занятие №3 Работа с нивелиром. Выполнение проверок нивелира

**Цель работы:** Изучить устройство нивелира, выполнить первую поверку нивелира, научиться брать отсчеты по рейке.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

У1 читать ситуации на планах и картах;

У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

У4 пользоваться геодезическими приборами и инструментами;

У5 проводить камеральные работы по окончании геодезических полевых работ

**Материальное обеспечение:**

штатив, нивелир, закрепительный винт нивелира, методические указания, опорные точки, станция, рейка.

**Задание:**

1 Изучить устройство нивелира.

2 Выполнить первую поверку нивелира: определение, рисунок, результат, вывод;

3 Научиться наводить зрительную трубу на рейку и брать отсчеты.

**Порядок выполнения работы:**

1 Дать характеристику и изучить устройство нивелира.

2 Первая поверка нивелира.

3 Научиться наводить на рейку и брать отсчеты.

4. Получите инструмент.

5. Установите нивелир на штатив, закрепите его станковым винтом нивелира.

6. Установите нивелир в рабочее положение, трижды меняя высоту инструмента.

7. Самостоятельно возьмите по рейке отсчёты с 4-х точек.

8. Проведите самоконтроль отсчётов.

9. Нарисуйте отсчёт по чёрной и красной сторонам рейки.

10. Сделайте выводы.

11. Выполните три поверки нивелира.

12. По каждой поверке оформите в тетради порядок работы и вывод о выполнении условия.

13. Определите превышение с двух станций.

14. Оформите отчёт в тетрадь.

**Ход работы:**

**Нивелиры с уровнем при трубе** снабжены точным цилиндрическим уровнем, приводимым для измерений вместе со зрительной трубой в горизонтальное положение вручную. Нивелирами с уровнем при трубе являются нивелиры российского производства Н-3, Н-05, 3Н5Л и др.

**Нивелиры с компенсатором углов наклона** отличаются наличием устройства, автоматически приводящего визирную ось зрительной трубы в горизонтальное положение. Компенсатор работает в пределах 12 – 15', поэтому прибор предварительно устанавливают в рабочее положение по круглому уровню. Такими нивелирами являются Н-3К, 3Н2КЛ и др.

**Нивелиры с оптическим микрометром** (например, нивелир Н-05) имеют перед объективом стеклянную пластину, повороты которой вокруг ее горизонтальной оси смещают лучи света параллельно самим себе. Это позволяет наводить визирную ось точно на штрих рейки. Величина смещения измеряется оптическим микрометром, чем достигается высокая точность отсчета по рейке.

**Лазерные нивелиры** излучают видимый пучок света. Отсчет берут по световому пятну на рейке.

**Цифровые нивелиры** автоматически формируют отсчет по рейке, шкала которой представляет собой штриховой код. Снабжены компенсатором углов наклона. Отсчеты по рейкам регистрируются на магнитном носителе. Примером такого прибора является нивелир *SDL30M*, Япония.

По точности нивелиры делят на **высокоточные, точные** и **технические** в зависимости от величины средней квадратической погрешности  $m_h$  измерения превышения на 1 км двойного хода (табл. 3).

Таблица 3.

Типы нивелиров	Точность	Примеры нивелиров
Высокоточные	$m_h \leq 0,5$ мм	Н-05 (Россия), PL1 (Япония)
Точные	$m_h \leq 3$ мм	ЗН2КЛ, Н-3, Н-3К (Россия), С300 (Япония), DSZ3(Китай)
Технические	$m_h \leq 5$ мм	ЗН5Л (Россия), АТ20D (Китай)

### Нивелир с уровнем при трубе

Нивелиром с уровнем при трубе является, например, нивелир Н-3. Его устройство показано на рис. 16.

Для выполнения измерений нивелир устанавливают на штативе и подъемными винтами 7 приводят в нульпункт пузырек круглого уровня 5. Пользуясь закрепительным 3 и наводящим 4 винтами, наводят зрительную трубу на рейку. Вращением диоптрийного кольца окуляра 10 фокусируют трубу “по глазу” и вращением головки фокусирующего винта 2 – “по предмету”. В поле зрения трубы будут видны штрихи сетки нитей, изображение нивелирной рейки и в отдельном окошке – изображения двух половинок цилиндрического уровня (рис. 16).

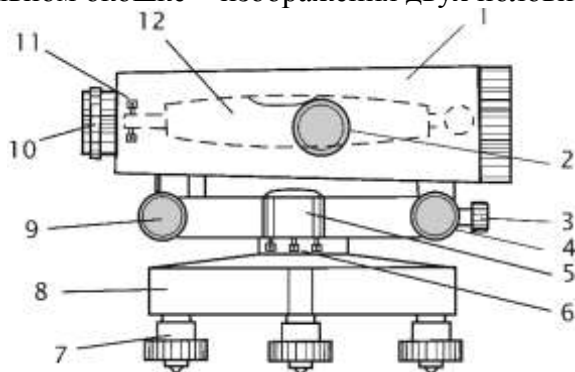


Рисунок 16. Устройство нивелира Н-3:

1 – зрительная труба; 2 – фокусирующий винт зрительной трубы; 3, 4 – закрепительный и наводящий винты; 5 – круглый уровень; 6 – исправительные винты круглого уровня; 7 – подъемные винты; 8 – подставка; 9 – элевационный винт; 10 – окуляр с диоптрийным кольцом для фокусировки трубы по глазу; 11 – исправительные винты цилиндрического уровня; 12 – цилиндрический уровень.

Вращая элевационный винт 9 (рис. 16), изменяющий наклон трубы 1 и цилиндрического уровня 12, приводят ось уровня в горизонтальное положение. Ось уровня горизонтальна, если его пузырек находится в нульпункте, на что указывает совмещение концов изображений половинок уровня в поле зрения трубы (рис. 17). Отсчет берут по среднему штриху сетки нитей.

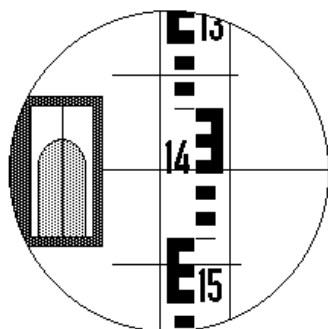


Рисунок 17.  
Поле зрения зрительной трубы нивелира: отсчет по рейке равен 1449 мм

### Проверки нивелира

Необходимая точность нивелирования может быть достигнута только в том случае, если обеспечено верное взаиморасположение основных осей нивелира. Для контроля предъявляемых к прибору требований в начале и периодически в ходе работ выполняют проверки нивелира. Основными проверками являются следующие.

**Проверка круглого уровня.** *Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения прибора.*

Подъемными винтами нивелира приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт. Поворачивают нивелир на  $180^\circ$  вокруг оси его вращения  $ii$  (рис. 18). Если после поворота пузырек остался в нуль-пункте, проверяемое условие выполнено – ось круглого уровня  $ee$  параллельна оси вращения прибора  $ii$ .

Если пузырек ушел из нуль-пункта, исправительными винтами 2 изменяют наклон уровня так, чтобы пузырек сместился в сторону нуль-пункта на половину отклонения. Для поворота исправительных винтов пользуются шпилькой.

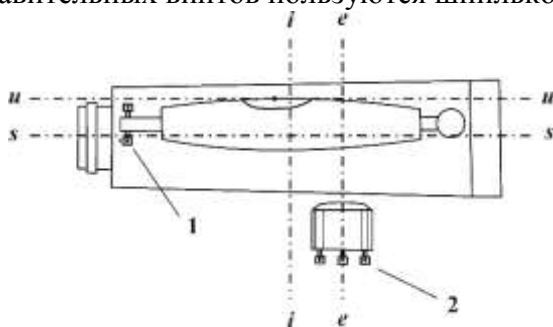


Рисунок 18. Оси и исправительные винты нивелира:  $ss$  – визирная ось зрительной трубы;  $ii$  – ось вращения прибора;  $iii$  – ось цилиндрического уровня;  $ee$  – ось круглого уровня; 1 – исправительные винты цилиндрического уровня; 2 – исправительные винты круглого уровня.

**Проверка цилиндрического уровня.** *Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.*

У высокоточных и точных нивелиров проекция на отвесную плоскость угла между осью цилиндрического уровня и визирной осью не должна превышать  $10''$ . Это означает, что при расстоянии до рейки  $d = 100$  м допустима ошибка в отсчете по рейке из-за непараллельности оси

уровня и визирной оси, не превышающая  $\frac{10''}{\rho} d = 5$  мм, где  $\rho = 206\,265''$  – число секунд в

одном радиане.

Проверка выполняется путем измерения одного и того же превышения дважды – из середины и с неравными расстояниями до реек.

На расстоянии 75 – 100 м друг от друга закрепляют две точки, на которые устанавливают рейки (рис. 19). В середине, на равных расстояниях от реек устанавливают нивелир и, приводя пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт, берут отсчеты  $a$  и  $b$  по рейкам и вычисляют превышение:

$$h = a - b \quad (13)$$

Если визирная ось трубы не параллельна оси уровня и потому наклонена на угол  $i$ , то вместо верных отсчетов  $a$  и  $b$  будут прочтены отсчеты  $a_1$  и  $b_1$ . Вследствие равенства расстояний до реек ошибки в обоих отсчетах будут одинаковыми,  $\Delta a = \Delta b$ . Вычисленное при этом превышение будет равно:

$$h = a_1 - b_1 = (a + \Delta a) - (b + \Delta b) = a - b \quad (14)$$

Следовательно, несмотря на ошибки отсчетов, вызванные непараллельностью оси уровня и визирной оси трубы, превышение, вычисленное по измерениям из середины – верное.

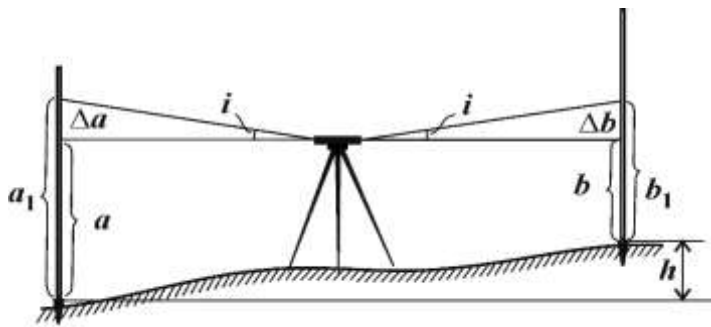


Рисунок 19. Поверка цилиндрического уровня. Измерения из середины

Нивелир переносят и устанавливают на расстоянии 2–3 м от одной из реек (рис. 20). Берут отсчет  $b_2$  по ближней рейке. Ввиду малости расстояния до рейки погрешность в отсчете  $b_2$ , вызванная наклоном луча визирования, мала. Поэтому отсчет  $b_2$  считают безошибочным.

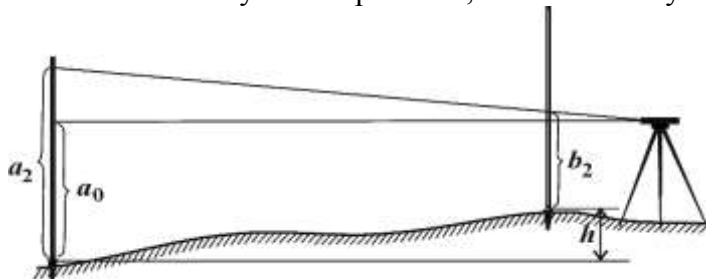


Рисунок 20. Поверка цилиндрического уровня. Измерения с неравными расстояниями до реек

Вычисляют отсчет, который должен быть на дальней рейке, если луч визирования горизонтален:  $a_0 = b_2 + h$ .

Наводят нивелир на дальнюю рейку и берут фактический отсчет  $a_2$ . Сравнивают вычисленный и фактический отсчеты.

Если вычисленный  $a_0$  и фактический  $a_2$  отсчеты различаются меньше, чем на 5 мм, то считают, что ось цилиндрического уровня *uu* параллельна визирной оси *ss*.

Если вычисленный и фактический отсчеты различаются больше, чем на 5 мм, то положение цилиндрического уровня необходимо исправить.

Для этого элевационным винтом наводят средний штрих сетки нитей на отсчет  $a_0$  по дальней рейке. При этом пузырек цилиндрического уровня уйдет из нуля-пункта. Вертикальными исправительными винтами приводят пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт, совмещая изображения концов половинок пузырька в поле зрения трубы.

У нивелиров с компенсатором углов наклона цилиндрического уровня нет, и при выполнении поверки добиваются выполнения следующего условия.

*Визирная ось зрительной трубы должна быть горизонтальна в пределах работы компенсатора.*

Поверка выполняется в том же порядке, как и поверка цилиндрического уровня. Но при этом различие вычисленного  $a_0$  и фактического  $a_2$  отсчетов указывает на негоризонтальность визирной оси трубы.

Для исправления снимают колпачок, закрывающий исправительные винты сетки нитей зрительной трубы, и с помощью вертикальных исправительных винтов, наводят среднюю нить сетки нитей на отсчет по дальней рейке, равный вычисленному отсчету  $a_0$ .

**Нивелирные рейки.** Для высокоточного нивелирования служат цельные трехметровые инварные рейки. На рейке крепится круглый уровень, используемый для установки рейки в вертикальное положение.

Для точного и технического нивелирования служат трехметровые цельные или складные деревянные рейки. На двух сторонах рейки нанесены шкалы с сантиметровыми делениями в виде шашек, на одной стороне – черных, на другой – красных. Установка таких реек в вертикальное положение выполняется по круглому уровню или на глаз.

При измерениях цифровыми нивелирами пользуются специальными рейками со шкалой в виде штрих-кода.

Поверки реек состоят в определении с помощью контрольной линейки длины метровых и дециметровых интервалов, определении разности нулей пары реек, проверке установки круглого уровня на рейке.

#### **Форма представления результата:**

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «**отлично**» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «**хорошо**» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «**удовлетворительно**» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка «**неудовлетворительно**» ставится, если задание не выполнено.

### **Тема 2.3 Геометрическое нивелирование** **Практическое занятие №8 Обработка результатов нивелирования**

**Цель работы:** Научиться выполнять вычисления в журнале нивелирования

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

У1 читать ситуации на планах и картах;

У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

У4 пользоваться геодезическими приборами и инструментами;

У5 проводить камеральные работы по окончании геодезических полевых работ

**Материальное обеспечение:**

калькулятор, конспект лекций.

**Задание:**

Подготовить журнал нивелирования

**Порядок выполнения работы:**

1). Вычислить превышения « $h$ » по черной и красной стороне рейки для каждой станции.

$$h = a - b \qquad h_{ч} = a_{ч} - b_{ч}$$

$$h_{к} = a_{к} - b_{к}$$

$a$ ,  $b$  – отсчеты по черной и красной стороне рейки, « $h$ » должно быть записано четырехзначным числом в мм (например: 0450).

Контроль: допустимое расхождение между  $h$ , вычисленными по черной и красной стороне рейки 4мм

2). Вычислить « $h_{ср.}$ »:

$$h_{ср.} = (h_{ч} + h_{к}) / 2$$

$h_{ср.}$  должно быть записано четырехзначным числом в м (например: 0,450).3). Вычислить высоты (отметки)  $H$  пикетов:

$$H_{пк0} = H_{Rp1} + h_{ср.1} \quad H_{пк1} = H_{пк0} + h_{ср.2}$$

$$H_{Rp2} = H_{пк10} + h_{ср.12}$$

4).  $H_{Rp2}$  (исх), – высота репера 2 полученная по шифру студента;

$H_{Rp2}$  (выч.) – высота репера 2 полученная в результате вычисления «Журнала нивелирования».

$$H_{Rp2} (\text{выч.}) - H_{Rp2} (\text{исх.}) = f_h$$

$f_h$  – невязка по высоте, которая появляется из-за неточности измерений при нивелировании.

В инструкциях по нивелированию дана величина допустимой невязки  $f_{доп.} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{n}$   
Для данного примера:

$$f_{доп.} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{12} = 34 \text{ мм}$$

Если полученная невязка  $f_h > f_{доп.}$ , нивелирование надо повторить.

Если  $f_h \leq f_{доп.}$ , надо ввести поправки в  $h_{ср.}$  В данной работе для учебных целей, для упрощения задания вводить поправки в  $h_{ср.}$  те надо.

5). Вычислить высоты промежуточных (плюсовых) точек.

Для станции нивелирования, где есть промежуточные отсчеты, вычислить горизонт инструмента «ГИ».

$$ГИ = H + a_ч$$

ГИ – высота визирного луча над урвеной поверхностью.

$a_ч$  – отсчет по черной стороне рейки, установленной на предыдущем пикете.

$$H_{пр.} = ГИ - пр.$$

пр. – отсчет по черной стороне рейки, установленной на промежуточной (плюсовой) точке.

Например:

№ст.	№ ПК	Отсчеты			Превышения		Гор. инс. ГИ	Абсл. отмет. Н,м
		Задний а	Передн. в	Пром.	h=a-в	h <sub>ср.</sub>		
4	Пк 3							109.686
5	Пк 3	0872					110.668	
	Л 5	5556		1226				109.442
	Л 10			1830				108.838
	П 5			0908				109.760
	П 10			0435				110.433
	Пк 4		0715					109.844
			5398					

б). Выполнить постраничный контроль «Журнала нивелирования».

Запись постраничного контроля оформить в три строки:

1).  $\sum a - \sum b = \sum h = 2 \sum h_{ср.}$  2). Подставить значения

3). Выполнить действия

- $\sum a$  – сумма всех задних отсчетов;
- $\sum b$  – сумма всех передних отсчетов;
- $\sum h$  – сумма всех превышений;
- $\sum h_{\text{ср}}$  – сумма всех средних превышений.

7). Вычисления оформить в бланке «Журнал нивелирования» в соответствии с вариантом.

#### **Форма представления результата:**

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «**отлично**» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «**хорошо**» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «**удовлетворительно**» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка «**неудовлетворительно**» ставится, если задание не выполнено.

## **Тема 2.4 Тахеометрическая съемка Лабораторное занятие №4 Работа с тахеометром. Съемка местности**

**Цель работы:** Научиться осуществлять ввод данных о станции, вычислять координатные измерения

#### **Выполнив работу, Вы будете уметь:**

У1 читать ситуации на планах и картах;

У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

У4 пользоваться геодезическими приборами и инструментами;

У5 проводить камеральные работы по окончании геодезических полевых работ

#### **Материальное обеспечение:**

штатив, тахеометр, закрепительный винт нивелира, методические указания, опорные точки, станция, рейка.

#### **Задание:**

Выполнить ввод данных о станции.

Определить координатные измерения.

#### **Краткие теоретические сведения:**

##### **Приведение электронного теодолита в рабочее положение**

Центрирование. Установить штатив над точкой, подвесить отвес и провести предварительное центрирование отверстия головки штатива.

Вдавить ножки штатива и отрегулировать их высоту так, чтобы плоскость головки штатива расположилась горизонтально.

Теодолит с подставкой извлечь из футляра, установить на штативе и закрепить станковым винтом. Повторить центрирование с помощью отвеса, затянуть становой винт, убрать отвес в пенал штатива.

Отгоризонтировать теодолит. Повернуть теодолит так, чтобы ось цилиндрического уровня расположилась параллельно прямой, соединяющей два каких-либо подъемных винта подставки, и вращением их в противоположных направлениях вывести пузырек уровня на середину. Повернуть теодолит на 90° и третьим подъемным винтом вывести пузырек уровня на середину.



Повернуть теодолит на 180° относительно последнего положения и оценить смещение пузырька уровня. Смещение должно быть не более одного деления.

Установить теодолит над точкой с помощью лазерного центрира. Включить лазерный центрир (8.2.1) и отметить положение красной точки. Повернуть теодолит вокруг вертикальной оси на 180° и оценить смещение красной точки.

Максимально допустимый диаметр круга, который может описывать точка при вращении теодолита должен быть не более 0,8 мм при высоте теодолита над точкой центрирования 1,5 м. Точное горизонтирование проводить в режиме измерения углов наклона вертикальной оси.

## 2. Включение и выключение

Установить теодолит в положение КЛ.

Отвести зрительную трубу теодолита от горизонтального положения окуляром вверх на угол 45°. Включить теодолит нажатием кнопки «О». На дисплее высвечивается сообщение.

Теодолит 2Т5Э 1 Версия N

А) высвечиваются три варианта: -память в норме -память не форматирована -память заполнена Б) высвечивается индекс неопределенности (плавно без рывков качнуть зрительную трубу вверх вниз на 20°) 2. включение лазерного центрира а) Меню б) Тест в) Наклон оси г) F2

(Лаз) д) сброс 3. Начальные установки а) Меню – Установки – Станция ЦБ- кнопка для переключения режима ввода СБ- удалить б) Установки пикета: Меню – Установки - Пикет в) Ввод даты и текущего времени: Меню – Установки – Дата г) Установки единиц измерения: Меню – Конфигурация – единицы измерения д) Выбор режима измерения вертикальных углов: Меню – Конфигурация – Параметры – V е) Регулировка контрастности табло: Меню – Конфигурация – Контраст – ж) Подсветка сетки нитей: Меню – Конфигурация – Подсветка 4. Измерение углов F1



### Работа с внутренней памятью *Создание файла*

1. Память→файл→открыть файл

2. "Выберите файл" Меню\*файл


3. "Выберите файл" 1. создать файл 2.открыть файл

4."Файл открыт" *Открытие файла для записи результатов измерения* 1.

Память→файл→открыть файл 2."Выберите файл" Меню\*файл 3. "Выберите файл" 1. создать файл 2. открыть файл 4."Файл открыт"

### Измерение углов *Выбор измерения горизонтального угла*

Измерения горизонтальных углов проводятся в режимах НI и Нг. В режиме Нг горизонтальный угол увеличивается при повороте теодолита по часовой стрелке. В режиме НI горизонтальный угол увеличивается при повороте теодолита против часовой стрелки. Для выбора режима измерения Нг или НI в режиме измерения углов нажать кнопку «F1» («Л/П»). *Выбор измерения вертикального угла*

В основном меню с помощью кнопок «\_», «\_» установить курсор «→» на строке КОНФИГУРАЦИЯ, нажать кнопку «F4» («Ввод»). МЕНЮ  ТЕСТ→КОНФИГУРАЦИЯ

Изм Ввод

Установить курсор «→» на строке ПАРАМЕТРЫ, нажать кнопку «F4» («Ввод»).

МЕНЮ\*КОНФИГ  ЕДИН. ИЗМЕРЕН. →ПАРАМЕТРЫ Изм Ввод

ПАРАМЕТРЫ ВЕР. V% Изм Ввод

Нажатием кнопок «\_», «\_» выбрать требуемое измерение:

Va = вертикальный угол (горизонт =0);

Vz-180 = зенитное расстояние (зенит=0);

Vz-360 = зенитное расстояние (зенит=0),

V% = (уклон в %).

Подтвердить выбор нажатием кнопки «F4» («Ввод»). Выбранное значение сохраняется после выключения теодолита.

### Проведение измерений

#### *Обнуление горизонтального угла*

Перейти в режим измерения углов из меню нажатием кнопки

<<F1>> (<<Изм>>).

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ Нг знач Va знач Л/П Фикс Уст 0

Для обнуления горизонтального угла нажать кнопку <<F4>>

(<<Уст0>>). ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ Нг 0" Va знач Л/П Фикс Уст0

Значение горизонтального угла будет обнулено.

Установить режим измерения углов. Навести зрительную трубу на визирную цель А. Провести обнуление горизонтального угла. Навести зрительную трубу на визирную цель В. На дисплее высветятся результаты измерения.

#### **Обратная угловая засечка**

Вычисление координат станции по трём точкам с известными координатами. Направление измерений по часовой стрелке.

1. Меню
2. Программы
3. Обратная засечка
4. Клавиатура
5. Ввести координаты т.№1 Ввод → "Спд"
6. Ввести координаты т. №2,3

Обратная засечка

X

Y

$H_a$

Обратная засечка

1. Файл

2. Клавиатура

Точка 1.7. Навести зрительную трубу на т. №1-ввод 8. На т.№2-ввод 9. №3 10. Высвечиваются координаты станции

11.Если необходимо записать "ввод", если нет "сброс" Обратная засечка  $X_0$   $Y_0$  Координаты станции, следующие

#### **Ориентирование теодолита относительно исходного дирекционного угла**

Установить режим измерения углов. ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ Нг знач Va знач Л/П Фикс Уст0

Для установки дирекционного угла поворачивать теодолит до получения на дисплее значения дирекционного угла. Нажать кнопку <<F3>> (<<Фикс>>). На дисплее высветится значение дирекционного угла. Навести зрительную трубу на визирную цель, расположенную на направлении, соответствующем начальному дирекционному углу. Нажать кнопку <<F4>> (<<Уст0>>). Отсчет горизонтальных углов будет проводиться от данного направления.

#### **Калибровки**

Калибровки рекомендуется проводить после длительного транспортирования, до и после продолжительных периодов работы, и при изменении температуры более чем на 10 °С. Коллимационную погрешность, место нуля вертикального круга, индекс датчика наклона определяют при двух положениях теодолита: КЛ и КП. Установить курсор <<→>> на строке *КАЛИБРОВКИ*, нажать кнопку <<F4>> <<Ввод>>).

---

Коллимационную погрешность, место нуля вертикального круга, индекс датчика наклона определяют при двух положениях теодолита: КЛ и КП.

Установить курсор «→» на строке *КАЛИБРОВКИ*, нажать кнопку «F4» («Ввод»).

МЕНЮ	
КОНФИГУРАЦИЯ	
→ КАЛИБРОВКИ	
Изм	Ввод

Установить курсор «→» на строке *ИНДЕКСЫ УГЛОВ*, нажать кнопку «F4» («Ввод»).

МЕНЮ*КАЛИБРОВКИ	
→ИНДЕКСЫ УГЛОВ	
ИНДЕКС ЭЛ.УР.	
	Ввод

ИНДЕКСЫ УГЛОВ	
С0	знач.
MZ0	знач.

Установить курсор «←→» на строке *ИНДЕКСЫ УГЛОВ*, нажать кнопку «F4» («Ввод»).

На дисплее высвечиваются значения коллимационной погрешности С0 и места нуля вертикального круга MZ0\*, определенные ранее.

ИНДЕКСЫ УГЛОВ	
Hr	знач.
Va	знач.
	Ввод

Навести зрительную трубу на визирную цель, близкую к горизонтальной плоскости, в положении теодолита КЛ.

Через 3 - 4 с (время успокоения датчика наклона) нажать кнопку «F4» («Ввод»).

Навести зрительную трубу на ту же визирную цель, близкую к горизонтальной плоскости, в положение теодолита КП.

Через 3-4 с нажать кнопку «F4» («Ввод»).

ИНДЕКСЫ УГЛОВ	
C0	знач.
MZ0	знач.
	Ввод

На дисплее высвечиваются значения коллимационной погрешности C0 места нуля вертикального круга MZ0.

Для перехода к определению новых значений нажать кнопку «Esc».

Навести зрительную трубу на визирную цель, близкую к горизонтальной плоскости, в положении теодолита КЛ.

Через 3 - 4 с (время успокоения датчика наклона) нажать кнопку «F4» («Ввод»).

Навести зрительную трубу на ту же визирную цель, близкую к горизонтальной плоскости, в положение теодолита КП.

Через 3-4 с нажать кнопку «F4» («Ввод»).

На дисплее высвечиваются значения коллимационной погрешности C0 места нуля вертикального круга MZ0.

Нажать кнопку «F4» («Ввод»).

Для выхода в режим КАЛИБРОВКИ нажать кнопку «Esc».

МЕНЮ*КАЛИБРОВКИ
ИНДЕКСЫ УГЛОВ
→ ИНДЕКС ЭЛ. УР.
Ввод

ИНДЕКС ЭЛ. УР.	
Vt	знач.
	Ввод

Навести зрительную трубу на визирную цель, близкую к горизонтальной плоскости, в положении теодолита КЛ.

Установить курсор «←→» на строке *ИНДЕКС ЭЛ. УР.*, нажать кнопку «F4» («Ввод»).

Навести зрительную трубу на визирную цель, близкую к горизонтальной плоскости, в положении теодолита КЛ.

Через 3 - 4 с (время успокоения датчика наклона) нажать кнопку «F4» («Ввод»).

Навести зрительную трубу на ту же визирную цель, близкую к горизонтальной плоскости, в положение теодолита КП.

Через 3-4 с нажать кнопку «F4» («Ввод»).

На дисплее высвечивается индекс датчика наклона E0.

Нажать кнопку «F4» («Ввод»).

#### **Технологические режимы. Проверки теодолита, условия проведения проверки**

1 Перед началом поверки геодезические приборы и все используемые при ее проведении технические средства должны быть приведены в рабочее состояние в соответствии с инструкциями по их эксплуатации (ИЭ).

2 При выполнении поверки в помещении должны выполняться следующие требования:

- температура окружающего воздуха должна быть в пределах  $(+20 \pm 5)$  °С;
- скорость изменения температуры должна быть не более 3 °С в час;
- относительная влажность не более 90%;
- колебания напряжения электропитания - не более 10%.

При проведении поверки вне помещения условия видимости должны быть благоприятными, колебания изображения - минимальными, на приборы не должны попадать прямые солнечные лучи, скорость ветра не должна превышать 4 м/с; измерения должны проводиться при полном отсутствии осадков.

3 При проведении поверки должны соблюдаться правила работы с измерительными приборами, указанные в эксплуатационной документации, а также правила по технике безопасности.

4 Технологическую поверку проводит специалист, за которым закреплено поверяемое средство измерений (СИ) для выполнения топографо-геодезических работ.

**Ход работы:** Выполнение лабораторной работы по индивидуальным точкам. Оформление результатов. Вывод.

#### **Форма представления результата:**

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

## Тема 2.4 Тахеометрическая съемка

### Практическое занятие №9 Обработка тахеометрической съемки. Подготовка проекта для переноса в натуру

**Цель работы:** Научиться осуществлять ввод данных, вычислять координатные измерения, обрабатывать тахеометрическую съемку, подготавливать проект для выноса в натуру.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

У1 читать ситуации на планах и картах;

У2 решать задачи на масштабы;

У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

У4 пользоваться геодезическими приборами и инструментами;

У5 проводить камеральные работы по окончании геодезических полевых работ

**Материальное обеспечение:**

ПО, компьютеры, данные тахеометрической съемки.

**Задание:**

По исходным данным запроектировать площадку под строительство и подготовить материалы для выноса проекта в натуру.

**Порядок выполнения:**

В программе на топоплане запроектировать, по известным координатам, углы поворота ленточного фундамента 5-ти этажного многоквартирного жилого дома в пределах заданного участка.

- Поворотные точки ленточного фундамента пронумеровать и соединить в виде линейного объекта «Контур здания строящегося», черного цвета .

- Запроектировать на топоплане исходный пункт (место установки тахеометра) условным знаком «Съёмочные точки временного закрепления» и подписать его «Т1».

- У пункта «Т1» в свойствах должны быть планово-высотные координаты.

- Создать ведомость координат углов поворота ленточного фундамента и сохранить её на рабочем столе в папке .

- Создать файл в формате «.ТХТ» с координатами углов поворота ленточного фундамента (№, X, Y) и со всеми опорными пунктами (№, X, Y, H), определенными с топоплана, и сохранить его на рабочем столе в папке.

- Сформировать в ПО каталог координат и высот пунктов планово-высотного обоснования и сохранить его на рабочем столе в папке.

- Сохранить набор проектов в формате «.ОВХ» на рабочем столе в папке.

- Скопировать файл на USB-накопитель в папку «Jobs», для дальнейшего импорта в электронный тахеометр.

- Закрыть все приложения и выключить ПК.

**Форма представления результата:**

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.
- Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.
- Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

## Тема 2.4 Тахеометрическая съемка

### Лабораторное занятие № 5 Вынос проекта в натуру

**Цель работы:** Научиться выполнять вынос проекта в натуру с использованием электронного тахеометра.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

- У1 читать ситуации на планах и картах;
- У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.
- У4 пользоваться геодезическими приборами и инструментами;
- У5 проводить камеральные работы по окончании геодезических полевых работ

**Материальное обеспечение:**

штатив, тахеометр, закрепительный винт нивелира, методические указания, опорные точки, станция, рейка.

**Задание:**

Выполнить вынос проекта в натуру.

**Порядок выполнения:**

- Импортировать данные с USB-накопителя в проект тахеометра.
- Определить и закрепить на полигоне пункт «Т1»; сохранить его в проекте.
- Для разбивочных работ выполнить ориентирование инструмента.
- Используя электронный тахеометр, вежу с отражателем, вынести, закрепить на местности и сохранить в проект вершины углов поворота ленточного фундамента (деревянными кольями, забитыми на половину их длины; дюбелями; арматурой; с помощью маркеров и т.д.).
- Подписать каждый угол поворота ленточного фундамента в соответствии с нумерацией из настольного ПО.
- Используя функциональные возможности полевого ПО тахеометра, создать линию начала крыльца 26-27 параллельно линии 1-3 на расстоянии 3 метра.
- Закрепить точки линии 26-27 на местности.
- Используя прикладные программы полевого ПО тахеометра, определить координаты точки 28 относительно линии 26-27. Продольное смещение составляет 2 м, поперечное – 2 м.
- Закрепить точку 28 на местности.
- Вычислить площадь получившегося нового участка 1-26-27-3.
- Используя прикладные программы полевого ПО тахеометра, определить высоту провиса провода на полигоне между столбами С1-С2 и С2-С3.
- Сохранить результат определения недоступной точки в проект электронного тахеометра.
- Экспортировать полевой проект с измерениями и твердыми точками на USB-накопитель в форматах «.HeXML», «.DXF» и «.TXT»..

**Форма представления результата:**

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.
- Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.
- Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.
- Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

### **Тема 3.1 Рельеф местности и его изображение на планах и картах** **Практическое занятие №10 Построения плана в горизонталях**

**Цель работы:** научиться изображать рельеф местности на плане горизонталями.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

- У1 читать ситуации на планах и картах;
- У2 решать задачи на масштабы;
- У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.
- У4 пользоваться геодезическими приборами и инструментами;
- У5 проводить камеральные работы по окончании геодезических полевых работ

**Материальное обеспечение:**

схемы, плакаты, индивидуальные задания.

**Задание:**

- 1 Изобразить рельеф местности на плане горизонталями.
- 2 Выполнить расчет точек.

**Порядок выполнения работы:**

- 1 Построить черновой план в горизонталях.
- 2 Выполнить расчет точек.
- 3 Построить чистовой план в горизонталях в масштабе.

**Способы построения горизонталей по отметкам точек.**

Для проведения горизонталей на плане нужно нанести характерные точки, снятые на местности, и выписать их высоты. Те точки, между которыми земная поверхность не имеет переломов, т. е. имеет постоянный уклон, соединить линиями. Далее на каждой линии интерполированием находят точки пересечения ее горизонталями и отмечают высоты этих горизонталей.

Соединив затем плавными кривыми линиями точки с одинаковыми высотами, получают изображение рельефа местности на плане. Таким образом, задача построения горизонталей на плане в основном сводится к умению находить проекции точек пересечения горизонталями линий, отметки концов которых известны, при этом высота сечения рельефа должна быть уже установлена. Эта задача называется интерполированием горизонталей, т.е. нахождением промежуточных значений высот горизонталей по отметкам точек. Интерполирование можно производить аналитическим или графическим способом.

Аналитический способ. По известным высотам точек А и В и расстоянию  $d$  между ними (рисунок 3.6, а) необходимо найти величины расстояний  $d_1$  и  $d_2$  от точки А до точек  $M_0$  и  $N_0$  с отметками  $H_m$  и  $H_N$ , равными отметкам горизонталей.



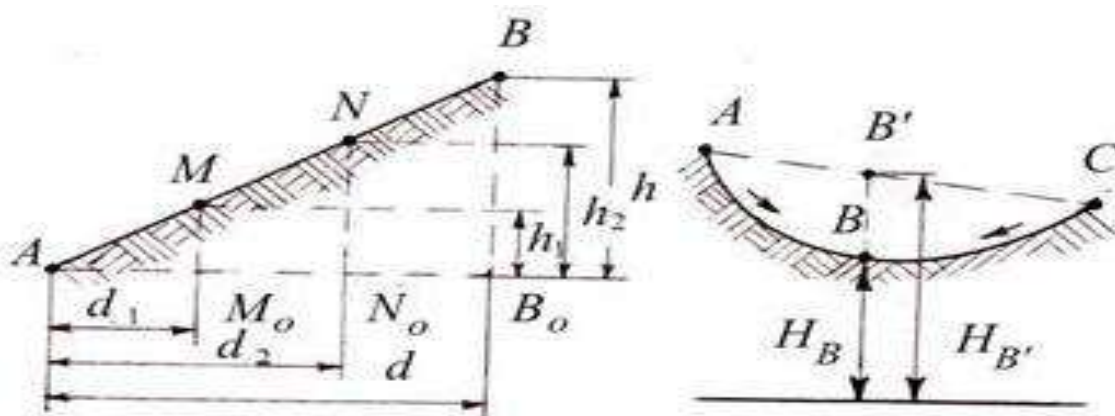


Рисунок 3.6 – Аналитический способ интерполирования

Из подобия треугольников  $ABB_0$ ,  $AMM_0$  и  $ANN_0$  находим:

$$d_1 = dh_1 / h; \quad d_2 = dh_2 / h,$$

где  $h = H_B - H_A$ ;  $h_1 = H_M - H_A$ ;  $h_2 = H_N - H_A$ .

На плане откладывают отрезки  $d_1$  и  $d_2$  и получают точки  $M_0$  и  $N_0$ , у которых подписывают их отметки. Следует отметить, что интерполирование горизонталей проводят только по линиям с равномерным скатом. На рисунке 3.6, б показан случай неправильной интерполяции между точками А и С с неравномерным скатом местности. Как видно из рисунка, вместо действительного положения точки В будет получена точка В' и соответственно вместо  $H_B$  будет получена неверная высота  $H_{B'}$ .

**Графический способ.** Интерполирование этим способом выполняют с помощью миллиметровой или прозрачной бумаги. При наличии миллиметровой бумаги ее прикладывают к линии плана АВ. По отметкам концов АВ строят профиль этой линии. Проектируя затем на линию плана точки пересечения линии профиля с линиями миллиметровой бумаги, принятыми за секущие плоскости, получают искомые точки М и N.

При наличии прозрачной бумаги (восковки, кальки), на ней предварительно наносят ряд равноотстоящих друг от друга параллельных линий, которым придают отметки секущих плоскостей. Восковку накладывают на план так, чтобы конечные точки линии плана заняли положение, соответствующее их отметкам между линиями восковки (рисунок 3.7). Далее точки пересечения линии плана с линиями восковки перекалывают на план. Это и будут искомые точки на плане.

#### **Форма представления результата:**

Предоставить выполненное задание в конспекте.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.

### **Тема 3.1 Рельеф местности и его изображение на планах и картах**

#### **Практическое занятие №11т Вертикальная привязка здания по плану в горизонталях**

**Цель работы:** научиться выполнять вертикальную привязку здания по плану в горизонталях.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

У1 читать ситуации на планах и картах;

У2 решать задачи на масштабы;

У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

У4 пользоваться геодезическими приборами и инструментами;

У5 проводить камеральные работы по окончании геодезических полевых работ

**Материальное обеспечение:**

схемы, плакаты, планы в горизонталях.

**Задание:**

1 Выполнить вертикальную привязку здания по плану в горизонталях.

**Порядок выполнения работы:**

1 Определение черных отметок углов здания.

2 Определение проектной отметки.

3 Определение рабочих отметок с контролем.

**Исходные данные:**

– топографический план с контуром здания выдается преподавателем,

– условная отметка уровня земли равна  $-0,50$  м.

Основными задачами вертикальной привязки проектируемых зданий являются обеспечение отвода поверхностных вод от фундаментов и определение абсолютной отметки уровня чистого пола первого этажа. Они решаются сначала на генеральной схеме вертикальной планировки всей застраиваемой территории, а затем по плану организации рельефа отдельных участков. При этом должны учитываться удобства эксплуатации зданий и сооружений, экологические, гидрогеологические, эстетические и другие факторы. Кроме того, должны соблюдаться условия, при которых поверхностный сток с окружающей территории попадал бы на улицы и проезды, выполняющие роль водосборных и водоотводных сетей (или в коллекторы ливневой канализации) с взаимно увязанными уклонами в пределах от 5 до 60 промилле, а в городской и пересеченной местности до 80 промилле.

Отметки проектируемых зданий и сооружений принимают выше отметок площадок и проездов, примыкающим к ним. Как правило, при расчете абсолютной отметки уровня чистого пола первого этажа условную отметку уровня земли, указанную со знаком "минус" на чертежах фасадов и разрезе здания, прибавляют к планировочной отметке земли [17].

*Работу выполняют в следующей последовательности:*

Вертикальная привязка здания.

1) Определение черных отметок по формуле<sup>^</sup>

$$H_{ч} = H_{нг} + \frac{m}{d} \times h$$

2) Определение проектной отметки по формуле

$$H_0 = \frac{(H_{Ач} + H_{Вч} + H_{Сч} + H_{Dч})}{4}$$

3) Определение рабочих отметок по формуле<sup>^</sup>

$$a = H_0 - H_{ф}$$

Контроль:  $\sum a+ \approx \sum a-$

1) Определяют фактические отметки земли на углах здания по горизонталям, изображенным на топографическом плане, и записывают на схему (рис.4).

2) К фактическим отметкам прибавляют 0,20-0,30 м и получают проектные отметки земли для каждого угла здания (проектную отметку принято записывать над фактической). На рис.3 к фактической отметке угла  $IB$  равной 193,20 прибавлено 0,20 м и получена проектная отметка 193,40.

3) По фактическим отметкам земли определяют существующие уклоны вдоль основных осей здания и, если они находятся в пределах рекомендуемых (5-60 промилле), принимают их за проектные. На схему уклоны записывают в промилле, направление уклона показывает стрелка.

Например, по данным рис.3 получены следующие уклоны:

$$i_1 = (192,55 - 193,20) / 36 = -0,018,$$

$$i_2 = (192,15 - 192,55) / 12 = -0,033,$$

$$i_3 = (192,85 - 192,15) / 36 = +0,019,$$

$$i_4 = (193,20 - 192,85) / 12 = +0,029.$$

В случае недопустимых существующих уклонов назначают близкие по величине из предельно допустимых, а направление уклонов задают так, чтобы обеспечить сток воды.

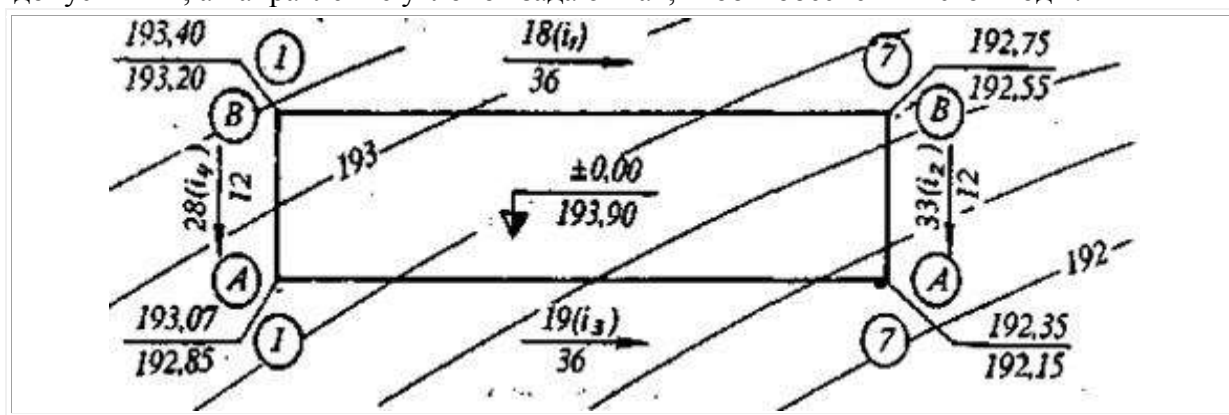


Рисунок 4. Высотная привязка проектируемого здания к местности

4) Вычисляют проектные отметки углов здания, используя начальную проектную отметку (угла  $IB$ ) и проектные уклоны (по контуру здания с контролем)

$$H_{n-1} = H_n + i \cdot d \quad (4)$$

В нашем примере

$$H_{7B} = 193,40 + (-0,018 \cdot 36) = 192,75 \text{ м},$$

$$H_{7A} = 192,75 + (-0,033 \cdot 12) = 192,35 \text{ м},$$

$$H_{1A} = 192,35 + (-0,019 \cdot 36) = 193,03 \text{ м},$$

$$H_{1B} = 193,03 + (-0,029 \cdot 12) = 193,40 \text{ м (контроль)}.$$

5) Вычисляют рабочие отметки на углах здания как разность между соответствующими проектной и фактической отметкой. Рабочие отметки должны быть не менее +0,20 м, в противном случае необходимо выполнять корректировку проектных уклонов и отметок.

В рассматриваемом примере этому условию не соответствует рабочая отметка в точке пересечения осей  $IA$ :

$$h_{1A} = 193,03 - 192,85 = +0,18 \text{ м}.$$

Для корректировки изменим уклон  $i_3$ , приняв его равным 0,020. Тогда

$$H_{1A} = 192,35 + (-0,020 \cdot 36) = 193,07 \text{ м}$$

и условие выполняется, так как рабочая отметка

$$h_{1A} = 193,07 - 192,85 = +0,22 \text{ м}$$

превышает минимально допустимую величину – 0,20 м.

В результате исправления отметки  $IA$  изменился уклон:

$$i_4 = (193,40 - 193,07) / 12 = +0,028.$$

б) Определяют абсолютную отметку уровня чистого пола первого этажа.

Из чертежей фасадов и разрезов проектируемого здания выбирают условную отметку земли, со знаком "минус" относительно уровня чистого пола принятую за +0,00 м, и прибавляют к максимальной планировочной отметке земли. Предположим, что условная отметка уровня чистого пола равна -0,50 м. Тогда абсолютная отметка уровня чистого пола

$$H_{\text{д}} = 193,40 + 0,50 = 193,90 \text{ м}$$

Эту отметку записывают на плане организации рельефа внутри проектируемого здания.

**Форма представления результата:**

Предоставить выполненное задание в конспекте.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.

### Тема 3.2 Составление проекта вертикальной планировки участка Практическое занятие №12 Картограмма перемещения земляных масс

**Цель работы:** научиться составлять проект вертикальной планировки участка.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

У1 читать ситуации на планах и картах;

У2 решать задачи на масштабы;

У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

У4 пользоваться геодезическими приборами и инструментами;

У5 проводить камеральные работы по окончании геодезических полевых работ

**Материальное обеспечение:**

схемы, плакаты, индивидуальные задания.

**Задание:**

1 Построить картограмму земляных масс.

2 Определять объемы земляных работ.

3 Вычислять баланс земляных масс.

**Порядок выполнения работы:**

1 Определение отметок земли всех точек.

2 Определение проектной отметки.

3 Определение рабочих отметок.

4 Расчет нулевых точек.

5 Построение нулевой линии.

6 Вычисление объемов выемки и насыпи.

7 Вычисление баланса земляных масс.

По плану вертикальной планировки составить картограмму земляных масс и произвести

подсчет объемов земляных работ;

*Примечание*

11. Для решения задачи следует воспользоваться рекомендуемым списком литературы.
12. На схеме (приложение 3) даны отсчеты по черным сторонам реек, установленных в вершинах разбитых на площадке квадратов со сторонами 20 м. Для высотного определения планируемой поверхности использован рабочий (строительный) репер I, расположенный в непосредственной близости от планируемой площадки. Отметка репера I равна 139,552 м. Нивелирование производилось с одной станции (см. приложение 3).

*Составление картограммы земляных масс  
и подсчет объемов земляных работ*

14. Вычертить на миллиметровой бумаге схемы нивелирования в масштабе 1:500 (приложение 3) и с левой стороны нанести точку положения репера I. На схеме у вершин квадратов и у точки репера I выписать из приложения 3 отсчеты по рейкам.
15. Определить отметку репера для варианта задачи каждого студента, для чего к отметке репера необходимо добавить количество метров, равное сумме двух последних цифр шифра студента. Так, для студента, шифр которого оканчивается цифрами 213, отметка репера будет равна:

$$H_{\text{репI}} = 139,552 + (1+3) = 143,552 \text{ м}$$

Отметку репера надписать на схеме над точкой, обозначающей положение репера.

16. Вычислить черные отметки (отметка земли) вершин квадратов, для чего:  
А) вычислить отметку горизонта инструмента (ГИ) со станции нивелирования, которая равна отметке репера плюс отсчет по черной стороне рейки «а», установленной на этом репере. Так для рассматриваемого примера, отметка горизонта инструмента будет равна:

$$\text{ГИ} = H_{\text{репI}} + a = 143,552 + 1,408 = 144,960 \text{ м}$$

(см. приложение 3)

Б) вычислить черные отметки вершин квадратов по формуле:

$$H = \text{ГИ} - v, \text{ где } v - \text{отсчет по рейке.}$$

$$H_1 = 144,960 - 1,140 = 143,820 \text{ м}$$

$$H_2 = 144,960 - 1,221 = 143,739 \text{ м}$$

Аналогичным способом вычислить отметки всех 12 вершин квадратов. Полученные черные отметки необходимо округлить до второго десятичного знака.

17. Вычислить проектную отметку планируемой горизонтальной площадки по формуле:

$$H_{\text{пр}} = \frac{\Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + 4\Sigma H_3}{n},$$

где  $H_{\text{пр}}$  – проектная отметка;

$\Sigma H_1$  – сумма черных отметок, входящих в один квадрат;

$\Sigma H_2$  – сумма черных отметок, входящих в два квадрата;

$\Sigma H_3$  – сумма черных отметок, входящих в четыре квадрата;

$n$  – число квадратов.

$$\Sigma H_1 = 143,82 + 143,00 + 142,56 + 142,72 = 572,10$$

$$\Sigma H_2 = 143,74 + 143,61 + 142,62 + 142,05 + 142,24 + 143,25 = 857,51$$

$$\Sigma H_3 = 142,90 + 142,72 = 285,62$$

$$H_{\text{пр}} = \frac{572,10 + 2 * 857,51 + 4 * 285,62}{4 * 6} = \frac{3429,60}{24} = 142,90$$

Проектную отметку ( $H_{\text{пр}}$ ) перенести на картограмму земляных работ красным цветом выше черных отметок (над линией на каждой вершине квадрата – см. приложение 4).

18. Вычислить рабочие отметки по формуле:

$$h_i = H_{\text{пр}} - H_{\text{чер}}, \text{ где } h_i - \text{рабочая отметка,}$$

$$h_1 = H_{\text{пр}} - H_1$$

$$h_2 = H_{\text{пр}} - H_2 \text{ и т.д.}$$

Если рабочая отметка будет иметь знак «+», то это будет насыпь, если знак «-», то будет

выемка.

Вычисленные рабочие отметки записывать красным цветом на картограмме под черными отметками (см. приложение 4)

19. Определить по картограмме однородные и смешанные квадраты.

20. По сторонам квадратов, имеющих противоположные знаки рабочих отметок, определить расстояние до точки нулевых работ по формуле:

$$x = \frac{a}{a+b} \times d$$

где  $x$  – расстояние от данной вершины квадрата до точки нулевых работ;

$a$  – рабочая отметка вершины квадрата, от которой определяется расстояние  $x$ ;

$b$  – рабочая отметка другой вершины стороны квадрата в направлении которой определяется местоположение точки нулевых работ;

$d$  – длина стороны квадрата, равная 20 м.

При подстановке в формулу значений рабочих отметок знаки их во внимание не принимаются.

$$x_1 = \frac{0,18}{0,18 + 0,35} \times 20 = 6,79 \text{ (м)}$$

$$x_2 = \frac{0,18}{0,18 + 0,71} \times 20 = 4,04 \text{ (м)}$$

$$x_3 = \frac{0,28}{0,28 + 0,10} \times 20 = 14,74 \text{ (м)}$$

Значения расстояний  $x$  в масштабе отложить на соответствующих сторонах квадратов, а полученные точки нулевых работ соединить между собой прямыми линиями. Эти линии называются линиями нулевых работ (границами между насыпями и выемками). Площади насыпей и выемок оформить условными знаками (Глотов Г.Ф. Геодезия. Стройиздат. 1979 г., §8)

8. По составленной картограмме земляных работ подсчитать объемы насыпей и выемок следующим образом:

А) пронумеровать квадраты и геометрические фигуры, полученные в результате обозначения линии нулевых работ, и записать их в картограмму земляных работ (приложение 4);

Б) определить средние рабочие отметки вершин каждой фигуры и записать их в таблицу объемов земляных работ (приложение 5, графа 2). При вычислении средних рабочих отметок необходимо учитывать точки нулевых работ;

В) подсчитать площади пронумерованных фигур и записать их в таблицу (приложение 5, графа 3);

Г) определить объемы выемок и насыпей в каждой фигуре путем умножения средней рабочей отметки на площадь данной фигуры и записать их значения в графах 4 и 5 (приложение 5), а также в картограмму земляных работ. Полученные объемы земляных работ необходимо округлить до второго десятичного знака;

Д) составить общий баланс земляных работ, подсчитать сумму объемов всех насыпей и всех выемок;

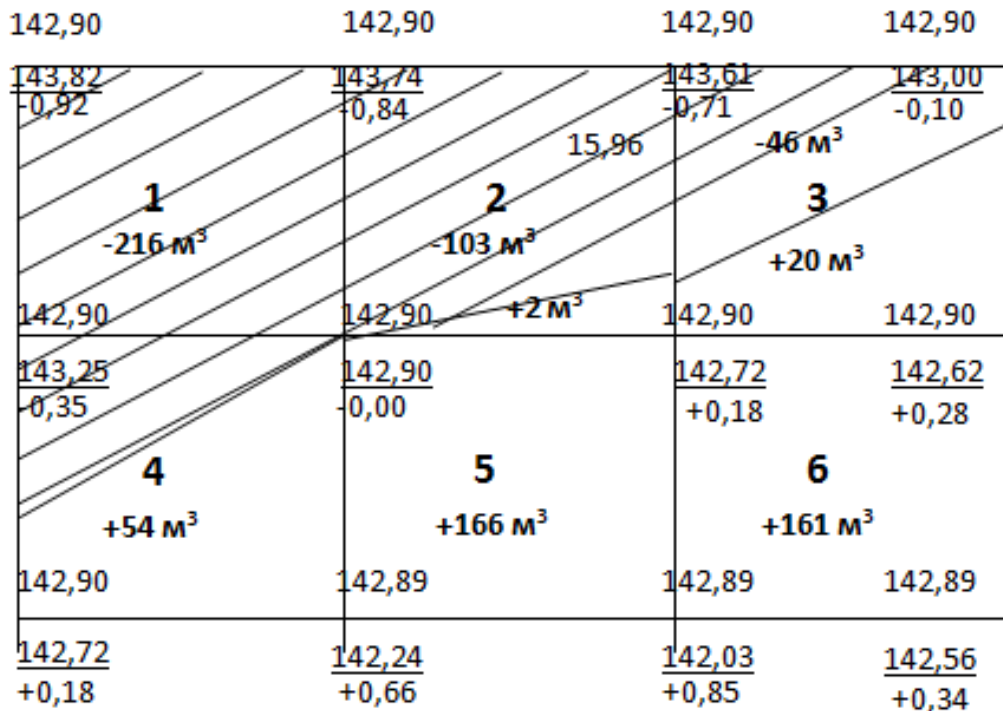
Е) подсчитать допустимое расхождение в объемах выемок и насыпей (допускается погрешность не более 5% от общего объема земляных работ). Схему нивелирования, картограмму земляных масс и таблицу подсчета земляных работ оформить тушью или в карандаше на листах бумаги 20x30 см. в соответствии с приложением 3,4,5.

#### Приложения к задаче

1. Схема нивелирования по квадратам в масштабе 1:500
2. Картограмма земляных работ в масштабе 1:500
3. Таблица подсчета объемов земляных масс.



**КАРТОГРАММА ЗЕМЛЯНЫХ МАСС**  
Масштаб 1:500



**Форма представления результата:**

Предоставить выполненное задание в конспекте.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.

**Тема 4.1 Полевое трассирование сооружений линейного типа**  
**Практическое занятие №13 Построение продольного профиля оси автодороги**

**Цель работы:** научиться строить продольный профиль оси автодороги и выполнять расчеты.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

У1 читать ситуации на планах и картах;

У2 решать задачи на масштабы;

У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

У4 пользоваться геодезическими приборами и инструментами;

У5 проводить камеральные работы по окончании геодезических полевых работ

**Материальное обеспечение:**

схемы, плакаты, индивидуальные задания, макет.

**Задание:**

- 1 Построить продольный профиль оси автодороги.
- 2 Выполнить расчеты по проектированию.

**Порядок выполнения работы:**

- 1 Построение сетки профиля.
- 2 Заполнение сетки профиля.
- 3 Накальвание точек профиля.
- 4 Проектирование оси автодороги.
- 5 Определение уклона проектной линии с контролем.
- 6 Вычисление проектных отметок.
- 7 Вычисление рабочих отметок с контролем.
- 8 Расчет нулевых точек с контролем.

Продольный профиль трассы вычерчивают на миллиметровой бумаге и используют для проектирования и строительства сооружения. Для большей выразительности рельефа обычно принимают масштаб по вертикали в 10 раз крупнее горизонтального масштаба. При выполнении работы необходимо использовать для продольного профиля горизонтальный масштаб 1:2000, вертикальный 1:200.

Построение профиля необходимо начинать с вычерчивания сетки профиля, т.е. совокупности граф: "План трассы", "Уклоны", "Проектные отметки" и т.д., в которых размещаются различные данные.

Размеры каждой графы в километрах даны на образце (рис.2). Первой заполняется графа "Расстояния", где размещают по пикетажному журналу (рис.1) и в соответствии с принятым горизонтальным масштабом 1:2000 все пикетные и плюсовые точки.

Затем в графу "Отметки земли" из журнала нивелирования выписывают абсолютные отметки пикетов и плюсовых точек, округлив их до 0,01м. В графе "Пикеты" необходимо проставит; номера соответствующих пикетов.

После этого в графе "План трасса" помещают план трассы в принятом горизонтальном масштабе по имеющимся в пикетажном журнале результатам съемки.

При этом ось проектируемого сооружения следует изобразить прямой линией, проходящей в середине графы, стрелкой указывают поворот трассы.

Приняв линии графы "План трассы" за условный горизонт, начинают построение собственно профиля. Для этого в местах пикетов и плюсовых точек необходимо восстановить перпендикуляры к линии условного горизонта и отложить по ним вверх в масштабе 1:200 абсолютные отметки, имеющиеся в графе "Отметки земли".

Полученные на перпендикулярах точки соединяют ломаной линией, являющейся профилем трассы. Для получения более удобного для работы профиля отметку условного горизонта следует принимать равной не 0, а числу метров, меньшему минимальной отметки земли на 8-16м (4-8см в масштабе профиля) и кратному 10 или 5, а рис.2 отметка условного горизонта принять 35м. т.е. на  $(45.09-35) = 10.09$ м меньше минимальной отметки земли.

Поперечники вычерчиваются по абсолютным отметкам нивелирного журнала, либо над соответствующими точками продольного профиля, либо отдельно в масштабах и горизонтальных и вертикальном 1:500. Поперечный профиль содержит лишь четыре графы: Пикеты, Расстояние, Отметки земли, и Проектные отметки.

При построении поперечных профилей необходимо провести для каждого из них вертикальную и горизонтальную линии, от точки их пересечения отложить влево и вправо расстояние 10 и 20 м в масштабе 1:500, заполнить все графы сетки, кроме графы проектные отметки, и произвести построение профиля по аналогии с продольным профилем.





БУ	ПК2 +30,00
-Т	34,99
НК	ПК1 +35,01
+К	37,31
КК	ПК2 +62,32

Контроль	
БУ	ПК2 +30,00
+Т	34,99
	ПК2 +64,99
-Д	2,66
КК	ПК2 +62,33

1,00	1,04	0,59	0,71	0,38	0,50
48,64	48,64	48,64	48,64	48,64	48,64
48,71	48,23	48,55	48,02	48,24	48,00
10	10	10	10	10	
ПК1 +60					

20	Равнобедренный план трассы					
10	Уклон	200		16		
15	Проекция отметки	35,00	45,30	45,00	45,64	48,00
15	Отметка земли	35,00	45,28	45,00	45,61	48,02
10	Расстояние		60	40		
10	Пикеты	0	1	2		
20	План прямой и кривых	$\alpha = 25^\circ 25'$ $R = 35,02$ $T = 4,98$ $K = 1$ $A = 53,53$ $B = 2,42$				

Наставки: продолжных профилей - гор. 1:2000; верт. 1:200  
 поперечников - гор. и верт. 1:500

### Проектирование линейного сооружения на профиле

Проектирование сооружения линейного типа необходимо провести в 2 этапа: нанести на профиль проектную (красную) линию по оси будущего сооружения и сделать расчет величины насыпи или выемки земли во всех точках, чтобы можно было фактический рельеф по трассе преобразовать к проектируемому.

Проектная линия должна быть нанесена с учетом следующих условия.

- 1) Проектная линия состоит из 2-х участков: участок с уклоном  $i_1$  тянется от ПК 0 до НК2+50, от ПК2+50 до ПК 5 участок имеет уклон  $i_2$ .
- 2) проектная отметка на ПК 0 равна отметке земли на этом же пикете.
- 3) Уклон участков проектной линии не должен превышать по абсолютной величине 0,040.
- 4) Проектную линию наметить таким образом, чтобы площадь выемок на профиле была примерно равна площади насыпей (т.е. соблюден баланс земляных работ).
- 5) Количество земляных работ должно сводиться к минимуму, т.е. проектная линия должна проходить как можно ближе к поверхности земли (к линии фактического профиля).

Значения уклонов  $i_1$  и  $i_2$  на первом и второй участках проектной линии вычисляются по формулам:

$$i_1 = \frac{H_{ПК2+50} - H_{ПК0}}{d}, \quad i_2 = \frac{H_{ПК5} - H_{ПК2+50}}{d}$$

т.е. уклон равен частному от деления разности отметок конца и начала участков проектной линии на горизонтальное расстояние (заложение).  $H_{ПК2+50}$  и  $H_{ПК5}$  отметки проектной линии, определенные графически, и  $H_{ПК0}$  заносятся в графу проектных отметок.

Затем заполняют графу уклонов, отделив вертикальными линиями точки изменения уклона проектной линии. В образовавшихся прямоугольниках проводят диагонали, показывающие направление уклона: подъем обозначают линией, идущей снизу вверх, спуск-линией, идущей сверху вниз, а горизонтальную площадку обозначают горизонтальной прямой.

Над наклонной линией выписывают уклон в профилях ( $^0/_{00}$ ) (в тысячных долях), под ней - длину заложения в метрах, на которое этот уклон распространяется.

Затем вычисляют проектные (красные) отметки точек проектной линии по формуле:

$$H_{n+1} = H_n + id$$

$H_{n+1}$  - искомая отметка последующей точки проектной линии;  $H_n$  - известная отметка предыдущей точки;

$i$  - уклон трассы на данном участке (знак плюс обозначает подъем, минус-спуск);

$d$  - горизонтальное расстояние.

Полученные отметки записывают в графу красных отметок.

Вычисленная проектная отметка конечной точки участка должна быть равно отметке этой точки, определенной графически.

Теперь на сетке профиля для всех точек имеются отметки фактической поверхности земли (черные отметки) и отметки запроектированной поверхности (красные отметки). Разница проектных и фактических отметок называется рабочими отметками и показывает, какой вид земляных работ необходимо произвести на данном пикете или плюсовой точке. Если отметка земли больше проектной, то рабочая отметка получится с минусом и будет означать излишек грунта, который необходимо "срезать". Если же отметка земли меньше проектной, то рабочая отметка получится со знаком плюс и будет означать недостаток грунта, который необходимо "подсыпать". Рабочие отметки, соответствующие выемке («срезу») грунта, выписываются на профиле под проектной линией, соответствующие насыпи – над ней.

Точки пересечения линии профиля с проектной линией характеризуются отсутствием каких-либо видов земляных работ и называются точками нулевых работ. Для каждой точки работ вычисляют расстояние до ближайших соседних пикетов или плюсовых точек по формулам:

$$x = \frac{ad}{a+b}, y = \frac{bd}{a+b}$$

Где  $x$  и  $y$  – горизонтальное расстояние до точки нулевых работ от ближайших к ней задней (левой) и передней (правой) точек профиля;  $a$  и  $b$  – рабочие отметки на этих же точках профиля, между которыми находится точка нулевых работ;  $d$  – горизонтальное расстояние между теми же ближайшими к точке нулевых работ точками профиля.

При этом должно выполняться условие:  $x+y=d$

По вычисленному левому расстоянию  $x$ , проектной отметке левой точки и уклону необходимо вычислить отметку точки нулевых работ и записать ее вдоль ординаты, опущенной из точки нулевых работ над линией условного горизонта профиля. Слева и справа от этой ординаты над линией условного горизонта записывают расстояния  $X$  и  $Y$  до точки нулевых работ от ближайшей задней и передней точек профиля.

На поперечине профили наносится проектная линия с уклоном, равным нулю. Ее отметка равна проектной отметке того пикета, на котором разбит поперечник (ПК 1, ПК3+40 или ПК1+60, ПК 3) Рабочие отметки вычисляют так же, как и для продольного профиля.

#### **Форма представления результата:**

Предоставить выполненное задание на миллиметровой бумаге.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структуры содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержат грубые ошибки.

### **Тема 4.1 Полевое трассирование сооружений линейного типа Практическое занятие №14 Расчет элементов круговой кривой**

**Цель работы:** научиться выполнять расчеты элементов круговой кривой.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

У1 читать ситуации на планах и картах;

У3 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

У4 пользоваться геодезическими приборами и инструментами;

У5 проводить камеральные работы по окончании геодезических полевых работ

**Материальное обеспечение:**

схемы, плакаты, индивидуальные задания, макет.

**Задание:**

1 Выполнить расчеты по проектированию.

2. Заполнить ведомость углов поворота

**Порядок выполнения работы:**

Некоторые линейные сооружения (например, железные и шоссейные дороги) не могут иметь резких поворотов, и переход от одного направления к другому происходит плавно, по кривой какого-либо радиуса. В этом случае разбивка и счет пикетажа задается с учетом закругления.

Сначала по заданному радиусу R и измеренному углу поворота φ, пользуясь специальными таблицами (4), находят элементы горизонтальной кривой: тангенс Т, длину кривой К, биссектрису Б, домер Д. В задании необходимо взять R=200м, а угол поворота в соответствии со своим вариантом. Зная пикетажное наименование вершины угла поворота, необходимо найти пикетажное обозначение начала НК, середину СК и конца кривой КК по формулам:

$$НК=ВУ-Е, СК=НК+1/2 К, КК=НК+К,$$

И для контроля вычислить пикетажное обозначение конца кривой КК=ВУ+Т-Д

Все расчеты поместить в пикетажный журнал. После этого посередине не графы "План прямых и кривых проводят карандашом прямую линию (ось трассы) и на ней отмечают точки НК и КК по их пикетажным значениям. В этих точках проводят линии, перпендикулярные оси трассы, и вдоль них подписывают расстояния от НК и КК до ближайших пикетов. На участке между НК и КК вычерчивается знак кривой выпуклостью в ту сторону, в которую направлена выпуклость кривой на местности. В этом знаке необходимо выписывать все элементы кривой и угол поворота.

Для прямых участков трассы рассчитывают их длины и румбы направлений. Длина участков определяется по пикетажным значениям НК и КК. Румбы направлений вычисляют по правилу: румб направления после угла поворота равен румбу направления до угла поворота плюс угол поворота (если трасса повернула вправо) или минус угол поворота (если трасса повернула влево). Румб начального направления для всех вариантов необходимо взять СВ: 25° 25'.

Исходные данные для расчёта круговой кривой:

λ	R	T <sub>T</sub>	K <sub>T</sub>	D <sub>T</sub>	B <sub>T</sub>	L <sub>1,м</sub>	L <sub>2,м</sub>
21°	3000	0,18534	0,36652	0,00416	0,01703	1000	1000

Ход решения:

$$T = R * T_T = 3000 * 0,18534 = 556,02 \text{ м}$$

$$K = R * K_T = 3000 * 0,36652 = 1099,56 \text{ м}$$

$$D = R * D_T = 3000 * 0,00416 = 12,48 \text{ м}$$

$$B = R * B_T = 3000 * 0,01703 = 51,09 \text{ м}$$

$$НК \text{ (начало кривой)} = ВУ - T = 1000 - 556,02 = 443,98 \text{ м, т.е. ПК } 4+43,98$$

$$КК \text{ (конец кривой)} = НК + K = 443,98 + 1099,56 = 1543,54 \text{ м, т.е. ПК } 15+43,54$$

$$КТ \text{ (конец кривой)} = КК + L_2 = 1543,25 + 1000 = 2543,54, \text{ т.е. ПК } 25+43,54 \text{ (последняя строчка)}$$

#### ВЕДОМОСТЬ УГЛОВ ПОВОРОТА

Углы					Кривые					Кривые			
Главны е точки трассы	Пикетажно е положение ВУ		Величина угла		Элементы кривой, м					Начало кривой		Конец кривой	
	ПК	+	влев о	вправ о	R	T	K	Д	Б	П К	+	П К	+
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
НТ	0	0											
ВУ	10	0		21°	300 0	556,0 2	1099,5 6	12,4 8	51,0 9	4	43,9 8	15	43,5 4
КТ	25	43,5 4											

**Форма представления результата:**

Предоставить выполненное задание на миллиметровой бумаге.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.